



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# VALVONTA-ALAKESKUS JA SEN VALMIS- TUS JOHTOSARJOILLA

Topi Virtanen



Opinnäytetyö  
Marraskuu 2016  
Talotekniikan koulutusohjelma  
Sähköinen talotekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Talotekniikka  
Sähköinen talotekniikka

VIRTANEN TOPI

Valvonta-alakeskus ja sen valmistus johtosarjoilla

Opinnäytetyö 40 sivua, joista liitteitä 12 sivua  
Marraskuu 2016

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia valvonta-alakeskuksien rakennetta, komponentteja, niiden kytkentöihin vaadittavia johtimia ja mahdollisuutta toteuttaa johdotukset valmiilla johtosarjoilla. Opinnäytetyö tehtiin JIS-Automation Oy:n keskusvalmistukselle.

Ensin oli selvitettävä, mitkä valvonta-alakeskusmallit ovat mahdollista valmistaa johtosarjoja käyttämällä. Valituille keskuksille suunniteltiin johtosarjat ja niille piirrettiin dokumentit, joiden mukaan johtosarjavalmistaja pystyy ne valmistamaan. Ennen johtosarjojen tilaamista oli varmistettava laskemalla, onko johtosarjojen käyttö taloudellisesti kannattavaa.

Työn tuloksena saatiin valmiit dokumentit ja toteutuskuvat, joiden pohjalta on mahdollista valmistaa ja tilata johtosarjat. Kustannuslaskelmat osoittivat, että johtosarjojen käyttäminen on taloudellisesti kannattavaa ja tuotteiden katteet nousivat. Ensimmäiset johtosarjat on tilattu ja niitä päästään pian kokeilemaan käytännössä.

---

Asiasanat: valvonta-alakeskus, johtosarja, taloudellisesti kannattava

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Building Services Engineering  
Electrical Building Services

**VIRTANEN TOPI:**

Automation substation and the use of wiring harnesses in manufacturing

Bachelor's thesis 40 pages, appendices 12 pages  
November 2016

---

The purpose of this thesis was to study automation substations composition, components, wires required for the connections and possibility to make connections using wiring harnesses. This thesis was made for JIS-Automation Ltd.'s substation factory.

The goal was, first of all, to examine which automation substation types are possible to manufacture by using wiring harnesses. For substations which was chosen wiring harnesses and made schematics for wiring harness producer was designed, so it could be possible to manufacture those. One had to be sure and calculate that using wiring harnesses is economically gainful before ordering designed products.

As a result of this thesis wiring harness documents and schematics were completed and now it's possible to manufacture and order those. Profitability calculations proved that using wiring harnesses is gainful and products profits rose. The first set of wiring harnesses are ordered so soon it's possible to test those in practice.

---

Key words: automation substation, wiring harness, economically profitable

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	VALVONTA-ALAKESKUS.....	8
2.1	CPU ja moduulit .....	8
2.2	Johtimet ja johdinvärit .....	9
2.3	Muuntajat .....	10
2.4	Suojalaitteet.....	11
2.4.1	Pääkytkin.....	12
2.4.2	Sulakkeet.....	12
2.4.3	Johdonsuojakatkaisijat .....	12
2.4.4	Vikavirtasuojat .....	13
2.5	Maadoitus ja häiriönsuojaus .....	13
2.6	Turvallisuus, testaus ja merkinnät.....	14
3	JOHTOSARJOJEN SUUNNITTELU.....	16
3.1	Vak 1000-sarja.....	18
3.1.1	Vak 1003 .....	18
3.1.2	Vak 1004 .....	19
3.1.3	Vak 1005 .....	20
3.2	Vak 2000-sarja.....	21
3.3	Vak 3000-sarja.....	22
4	TALOUEDELLISUUS.....	24
4.1	Palkkakustannuksista saatavat säästöt .....	24
4.2	Materiaalikustannuksista saatavat säästöt.....	25
4.3	Johtosarjojen käytön todellinen kannattavuus .....	26
5	YHTEENVETO .....	27
	LÄHTEET.....	28
	LIITTEET .....	29
	Liite 1. Tarkastuspöytäkirja.....	29
	Liite 2. Vak 1003:n johdinlista.....	30
	Liite 3. Vak 1003:n johtosarjakaavio .....	31
	Liite 4. Vak 1004:n johdinlista.....	32
	Liite 5. Vak 1004:n johtosarjakaavio .....	33
	Liite 6. Vak 1005:n johdinlistat.....	34
	Liite 7. Vak 1005:n johtosarjakaavio .....	36
	Liite 8. Vak 2000-sarjan johdinlista.....	37
	Liite 9. Vak 2000-sarjan johtosarjakaavio.....	38
	Liite 10. Vak 3000-sarjan johdinlista .....	39

Liite 11. Vak 3000-sarjan johtosarjakaavio.....	40
---	----

**ERITYISSANASTO**

VAK	Valvonta-alakeskus
CPU	Central Processing Unit, Prosessori/Suoririn
MODBUS	Sarjaliikenne protokolla, master-slave väylä
I/O-MODUULI	Input/Output-Moduuli
DI	Digital Input, Digitaalinen Sisääntulo
AO	Analog Output, Analoginen Ulostulo
DO	Digital Output, Digitaalinen Ulostulo
AI	Analog Input, Analoginen Sisääntulo
VA	Volt-ampere, Volttiampeeri

## 1 JOHDANTO

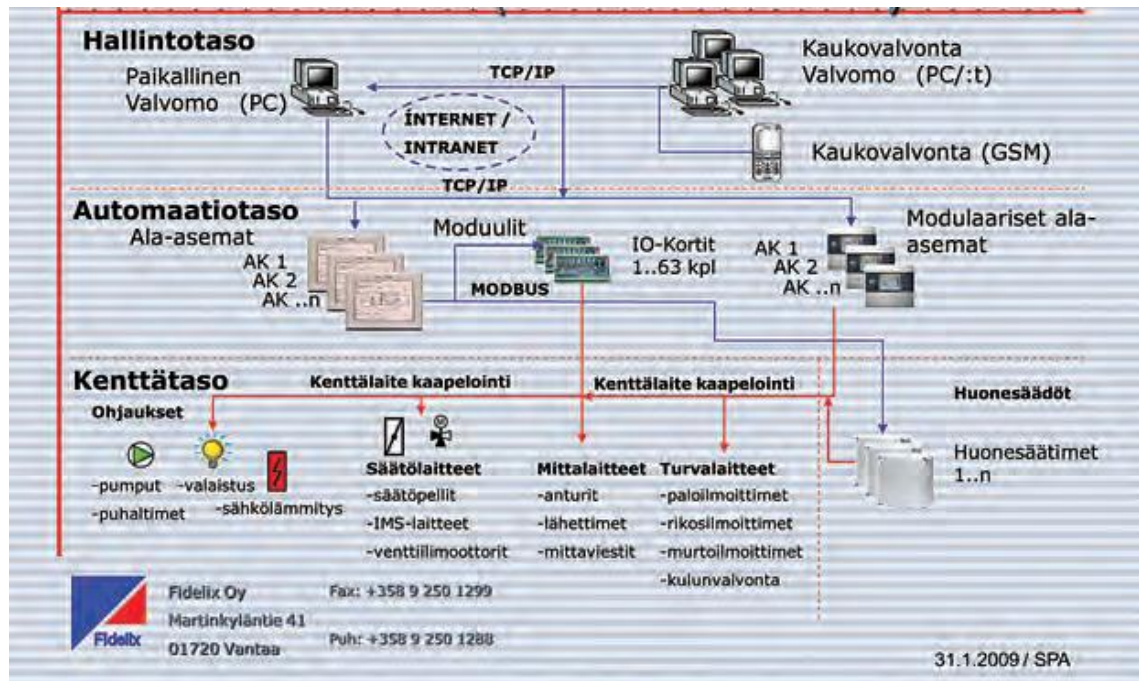
Tässä työssä käsitellään valvonta-alakeskusten rakennetta, komponentteja ja niiden kytkentään tarvittavia johtimia, sekä mahdollisuutta toteuttaa kyseiset johdotukset valmiilla johtosarjoilla. Tarkoituksena oli ensin suunnitella ja mitoittaa tietyille valvonta-alakeskustyypeille johtosarjat ja sen jälkeen piirtää niistä dokumentit, joiden mukaan ulkoinen johtosarjavalmistaja pystyy ne valmistamaan. Ennen johtosarjojen tilaamista valmistajalta, on varmistettava ja laskettava, onko keskusten johdotus johtosarjoilla taloudellisesti kannattavaa.

Opinnäytetyö tehtiin JIS-Automation Oy:lle, jonka Pirkkalan toimipisteessä sijaitsee yrityksen keskusvalmistus. ”Yrityksemme suorittama keskusvalmistus on keskittynyt niin rakennus- kuin teollisuusautomaation tarpeisiin. Toimituksiimme kuuluvat automaatiokeskusten lisäksi myös ohjauskeskukset ja -paneelit. Tarvittaessa kauttamme myös koneistoimitukset suunnittelusta käyttöönottoon. Toimimme myös sopimusvalmistajana useille alan johtaville yhteistyökumppaneillemme. Sopimusvalmistuksena tapahtuva keskusvalmistus perustuu pitkäaikaisiin luotettaviin asiakassuhteisiin.” (JIS-Automation Oy 2016)

Haluan kiittää JIS-Automation Oy:n toimitusjohtajaa Jouni Isokiveä ja tuotantopäällikkö Mikko Laitilaa mahdollisuudesta suorittaa opinnäytetyö kyseiselle yritykselle, sekä mahdollisesti edistää sen kannattavuutta ja liiketoimintaa.

## 2 VALVONTA-ALAKESKUS

Rakennusautomaatio on nykypäivänä oleellinen ja jopa välttämätön osa talotekniikkaa ja sen toimivuutta. Rakennusautomaatiojärjestelmä sisältää kolme päätasoa, jotka ovat hallinto-, automaatio- ja kenttätaso. Kuvassa 1 on esitetty periaatteellinen rakenne rakennusautomaatiojärjestelmästä. Kuten kuvasta 1 näkyy, keskimmäinen taso eli automaatiotasoa koostuu ala-aseamista eli valvonta-alakeskuksista. (ST-Käsikirja 17)



KUVA 1. Rakennusautomaatiojärjestelmän perusrakenne. (ST-Käsikirja 17)

### 2.1 CPU ja moduulit

Valvonta-alakeskukset, eli vakit toimivat niin sanottuna välikätenä hallintotason ja kenttätason välillä. Valvonta-alakeskuksessa on vähintään yksi CPU, joka toimii alakeskuksen tietokoneena. CPU:t ovat keskenään yhteydessä muihin CPU:in sekä järjestelmän valvomoon kiinteistön ATK-verkon kautta. Esimerkiksi saneerauskohteissa, jossa fyysinen yhteys on mahdoton, voidaan yhteys korvata langattomalla 3G-yhteydellä.

Valvonta-alakeskus varustetaan tarvittavalla määrällä I/O-moduuleja. Moduulit ovat yhteydessä CPU:n kanssa väylällä, joka useimmilla järjestelmävalmistajilla käyttää Modbus-protokollaa. I/O-moduulit sisältävät 4 erityyppistä pistettä, joihin kenttälaitekaapelit kytketään. Hälytys, indikointi ja pulssilähdöt kytketään digitaalisiin sisääntuloihin, eli DI-



pisteisiin. Analogisiin ulostuloihin, AO-pisteisiin kytketään säätöpisteet ja Digitaalisiin ulostuloihin, DO-pisteisiin ohjauspisteet. Mittauspisteet kytketään analogisiin sisääntuloihin, eli AI-pisteisiin. Näin ollen tarvittava I/O-moduulien vaadittava lukumäärä määräytyy kenttälaitteiden määrästä.

## 2.2 Johtimet ja johdinvärit

Valvonta-alakeskuksen laitteet, kaapelikourut ja muut tarvittavat komponentit asennetaan keskukseen JIS-Automation Oy:n keskusvalmistusosastolla, jossa ne myös johdotetaan ja kytketään toimintakuntoon. Tässä työssä on tarkoitus selvittää onko kyseinen johdotus mahdollista ja taloudellisesti kannattavaa suorittaa valmiilla johtosarjoilla, vai pidättäytyäänkö vanhassa järjestelmässä, jossa automaatioasentaja itse mittaa, niputtaa ja puristaa johtimiin vaadittavat johdinholkkit. Valvonta-alakeskus pyritään tekemään siten, että automaatiourakoitsijan tarvitsee kytkeä ainoastaan kenttälaitteilta tulevat kenttäkaapelit.

Valvonta-alakeskusten sisäisiin johdotuksiin käytetään MKEM-johtimia, jotka ovat muovieristeisiä, hienosäikeisiä kuparijohtimia. Hienosäikeisyyden vuoksi johtimien kuorittuihin kytkentäpäihin on puristettava johdinpoikkipinta-alaan sopivat johdinholkkit. Jos saman kytkentäliittimen alle on tarkoitus kytkeä kaksi johdinta, tällöin on käytettävä johdintuplaholkkeja.

Standardin SFS-EN 60204-1 kohdan 13.2 mukaan johtimien tunnistamiseen voidaan käyttää numeroita, kirjaimia tai värejä. Valvonta-alakeskuksissa johtimien tunnistukseen on käytetty kyseisessä standardissa määriteltyjä värejä, jotka ovat tarkoin määritelty tietyille virtapiireille ja eri jännitetasoille. Suoja- eli maadoitusjohtimen värikyseksi on määrätty keltavihreä väriyhdistelmä. Standardi määrittää myös keltaisen ja vihreän värin maksimisuhteeksi 7:3, jotta suojajohdin on varmasti tunnistettavissa. On ehdottoman tärkeää, että kyseistä väriyhdistelmää käytetään ainoastaan suojajohtimen tunnistamiseen. (SFS-EN 60204-1)

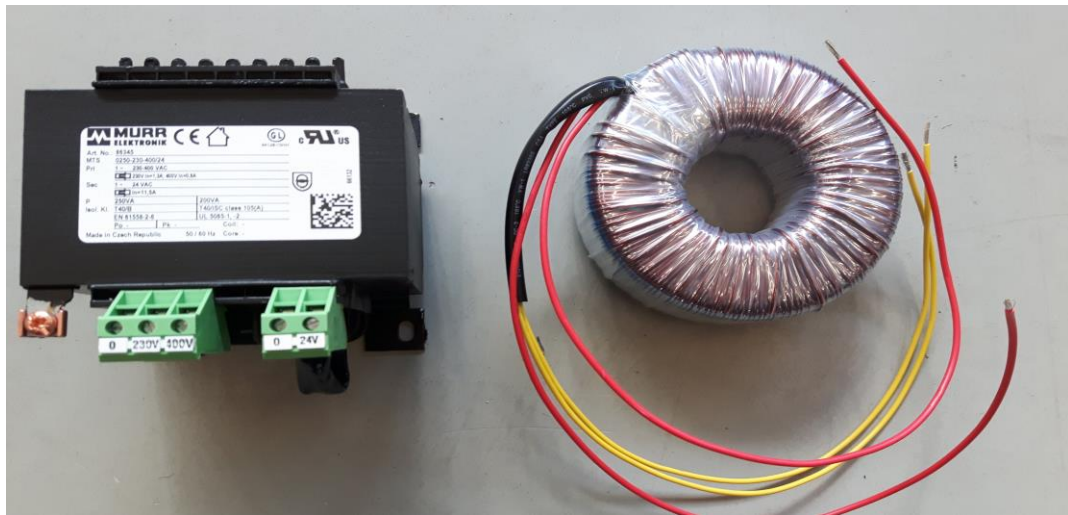
Valvonta-alakeskus toimii 230 V:n vaihtojännitteellä, joka yleisimmin saadaan lähimmän ryhmäkeskuksen lähdöstä. Näin ollen keskukseen tulee suojajohtimen lisäksi vaihe-, nollajohdin. Nollajohtimen on oltava väritään sininen. Jotta nollajohdin ei sekoitu muihin

piireihin, jotka johdotetaan tummansinisellä johtimella, on suositeltavaa käyttää vaaleansinistä johdinta. 230V:n vaihejohdotukset toteutetaan standardin mukaisesti mustilla johtimilla. (SFS-EN 60204-1)

24V:n vaihtosähkön vaihetta merkitään valvonta-alakeskuksissa kirjaintunnuksella G ja nollapotentiaalia tunnuksella G0. Standardin SFS-EN 60204-1 mukaan vaihtosähköohjauspiirit johdotetaan punaisilla johtimilla. Jotta G ja G0 erottuvat toisistaan on automaatiokeskussuunnitelmiin merkitty G-johtimet johdotettaviksi punaisilla johtimilla ja G0:t keltaisilla johtimilla. Jos valvonta-alakeskuksen laitteet vaativat 24 V:n tasajännitettä, sekä +24 V ja 0V johdotetaan tummansinisillä johtimilla. (SFS-EN 60204-1)

### **2.3 Muuntajat**

Useimpien rakennusautomaatiovalmistajien CPU:t ja I/O-moduulit tarvitsevat käyttöjännitteeksi 24 V:n vaihtojännitteen. Tämän lisäksi lähes kaikki rakennusautomaation toimilaitteet, kuten peltimoottorit, palopellit, painelähettimet ja venttiilimoottorit, toimivat samalla jännitteellä. Tästä johtuen valvonta-alakeskukseen tarvitaan 230VAC/24VAC muuntajia. Muuntajien lukumäärä ja niiden teho riippuu täysin edellä mainittujen toimilaitteiden tehon tarpeesta. Muuntajan tyyppi riippuu valvonta-alakeskuksen rakenteesta. Pohjalevylliseen keskukseen valitaan pakkamuuntaja, joka saadaan asennettua suoraan ruuveilla pohjalevyyn. Pohjalevyttömässä alakeskusmallissa runkovalmistaja on valmiiksi asentanut keskuksen pohjaan M4-koon pultille naaraskierteet. Tähän asennetaan läpipultilla rengassydänmuuntaja, joka sisältää valmiiksi ensiö- ja toisiopuolen johtimet. Kuvassa 2 näkyy yleisemmin käytetyt 250 VA:n pakka- ja rengassydänmuuntaja.



KUVA 2. Pakka- ja rengassydänmuuntaja

Osan rakennusautomaatiojärjestelmien, kuten esimerkiksi Fidelixin ja DEOS:n, CPU:t ja I/O-moduulit tarvitsevat käyttöjännitteekseen 24 V:n tasajännitteen. Tällöin valvonta-alakeskus täytyy varustaa tasajännitemuuntajalla. Vaikka useat kenttälaitteet toimivat sekä vaihto-, että tasajännitteellä, kenttälaitteiden syöttö pyritään aina ottamaan vaihtojännitemuuntajalta, koska vaihtojännitemuuntajat ovat tehonsyötöltään tasajännitemuuntajaa paljon suurempia. Kun toimilaitteen tehonsyöttö ja valvonta-alakeskuksessa olevan saman toimilaitteen mittaus- tai säätöpisteen moduulin tehonsyöttö otetaan eri muuntajilla, säätö- tai mittaus tulos voi vääristyä. Tämä johtuu siitä, että muuntajien nollapotentiaali ei ole samassa potentiaalissa. Ongelma saadaan korjattua kun kaikkien keskuksessa olevien muuntajien toisiopuolen nollat yhdistetään.

## 2.4 Suojalaitteet

Valvonta-alakeskuksessa on ryhmäkeskuksen tavoin välttämättömiä suojalaitteita. Suojalaitteista sulakkeita ja johdonsuojakatkaisijoita käytetään joko oikosulkusuojaukseen, ylivirtasuojaukseen tai molempiin edellä mainittuihin. Johdonsuojakatkaisijoita voidaan suojausominaisuuksien lisäksi käyttää katkaisijana. Kun valvonta-alakeskuksen osat on järkevästi ryhmitelty eri johdonsuojakatkaisijoiden taakse, on niiden avulla helppo saada yksi tietty osa jännitteettömäksi, esimerkiksi huoltotöiden tai vianetsinnän ajaksi.

### 2.4.1 Pääkytkin

Valvonta-alakeskuksen 230 V:n syötön vaihe johdotetaan suoraan pääkytkimelle S1, jolla saadaan koko keskus turvallisesti jännitteettömäksi. Pääkytkimessä on oltava selkeästi merkitty asennonosoitus ja sen on kyettävä katkaisemaan ja siirtämään keskuksen nimellisvirta. [2] On kuitenkin huomioitava, että pääkytkin S1 ei katkaise mahdollisia ulkopuolisia ohjausjännitteitä, joita on ryhmäkeskuksista tulevissa 230 V:n MMO-ohjauskaapeleissa. Tästä johtuen pääkytkimen läheisyyteen liimataan huomiotarra ”Pääkytkin ei katkaise ulkopuoleisia ohjausjännitteitä”. Pääkytkin on oleellinen keskuksen kytkentä ja saneerausvaiheissa, jolloin ryhmäkeskussyötössä voi olla jännite, mutta kytkentä ja muutostyöt pystytään tekemään turvallisesti jännitteettömänä. Pääkytkimestä johdotetaan suoraan syöttö valvonta-alakeskuksen sisällä sijaitsevaan huoltalaitepistorasialle. Pistorasia ei tarvitse omaa sulaketta, sillä sen oikosulkusuojauksen hoitaa ryhmäkeskuksessa sijaitseva valvonta-alakeskuksen syötön sulake. (Jakokeskusopas)

### 2.4.2 Sulakkeet

Jokainen tasa- ja vaihtojännitemuuntajan ensiöpuoli suojataan omalla etusulakkeellaan, muuntajien mahdollisen vikaantumisen vuoksi. Sulakkeena käytetään vaihtojännitemuuntajaan 2,5 ampeerin ja tasajännitemuuntajaan 2 ampeerin lasiputkisulakkeilla. Kyseiset lasiputkisulakkeet laitetaan katkaistaviin sulakeliittimiin. Tällöin muuntajan vikaantuessa on helppo katkaista muuntajan syöttöpiiri ja vaihtaa uusi ehjä muuntaja. Jos tasajännitemuuntaja lisätään valvonta-alakeskukseen ainoastaan CPU:n ja I/O-moduulien tehonlähteeksi, muuntajan toisiopuolelle tarvitaan 2 ampeerin lasiputkisulake, joka suojaa kyseiset laitteet.

### 2.4.3 Johdonsuojakatkaisijat

Vaihtojännitemuuntajien 24 V:n vaihe johdotetaan suoraan 10 ampeerin johdonsuojakatkaisijalle. Tämä johdonsuojakatkaisija on käytännössä 24 VAC piirin pääjohdonsuojakatkaisija ja se toimii oikosulkusuojauksen lisäksi muuntajan ylikuormitussuojana. Pääjohdonsuojakatkaisijan jälkeen valvonta-alakeskukseen asennetaan tarvittava määrä ryhmäjohdonsuojakatkaisijoita, jotka ovat laukaisuvirraltaan 4 ampeerisia. Ensimmäinen ryhmäjohdonsuojakatkaisija oikosulkusuojaa valvonta-alakeskuksen 24 VAC käyttöjän-

nitteen vaativia sisäisiä laitteita, kuten moduuleja, CPU:ta, jäätymissuojavahteja, apureleitä. Osa rakennusautomaatiojärjestelmävalmistajista vaativat, että valvonta-alakeskuksen CPU suojataan omalla johdonsuojakatkaisijalla. Tällöin ensimmäinen ryhmä varataan CPU:lle ja muut sisäiset syötöt otetaan seuraavasta ryhmälähdöstä. Kenttälaitteille asennetaan syöttöriviliitinpakat, joista yksi pakka sisältää 5 kappaletta kaksikerrosrivi liittimiä. Yksi ryhmäjohdonsuojakatkaisija suojaa maksimissaan kahta pakkaa. Näin ollen ryhmäjohdonsuojakatkaisijoiden lopullinen lukumäärä määräytyy syöttöpakkojen lukumäärän mukaan. Koska kenttälaitteista osa on pieniä pelti- tai venttiilimoottoreita, on käytettävä C-tyypin johdonsuojakatkaisijoita.

#### **2.4.4 Vikavirtasuojat**

SFS-6000 sähköasennusstandardien mukaan, lähes kaikkiin yleiskäyttöön suunnitellut pistorasiat pitää suojata 30mA:n vikavirtasuojalla. Valvonta-alakeskuksen sisälle asennetaan aina vähintään yksi pistorasia, joka on tarkoitettu ainoastaan huoltolaitteille. Tästä johtuen pistorasian läheisyyteen liimataan tarra ”Vain huoltolaitteille”. Pääasiassa pistorasia asennetaan kannettavan tietokoneen laturille, jolla ladataan CPU:hun rakennusautomaatiojärjestelmän ohjelma tai ATK-kytkimelle, jolla saadaan rakennusautomaatioväylä toimimaan. Koska väyläyhteyden katkeaminen saattaa kriittisissä järjestelmissä aiheuttaa vakavia ongelmia tai vahinkoja, on perusteltua jättää vikavirtasuojaus pois. Osa rakennusautomaatiojärjestelmävalmistajista vaativat pistorasian suojattavan vikavirtasuojalla, kun taas osa vaatii pistorasian ilman suojausta. (SFS-käsikirja 600-1)

#### **2.5 Maadoitus ja häiriönsuojaus**

Valvonta-alakeskuksen maadoitus ja potentiaalintasaus riippuu rakennuskohteen sähkösuunnittelijasta. Yleensä maadoitus ja potentiaalintasaus toteutetaan keskuksen syöttöjohdon KEVI-johtimella. Koska kyseinen syöttö on lähes aina kaapeloitu 1,5mm<sup>2</sup> MMJ-kaapelilla, sähkösuunnittelija vaatii usein lisämaadoitusta, joka tarkoittaa käytännössä 6mm<sup>2</sup> KEVI-kaapelia lähimmän potentiaalintasauskiskon ja valvonta-alakeskuksen välille. Tästä syystä maadoituskiskon on oltava rakenteeltaan ja liittimiltään sellainen, että 6mm<sup>2</sup> johtimen kytkentä on mahdollista.

Valvonta-alakeskukseen asennetaan maadoituskisko, joka toimii keskuksen maapisteenä ja joka on edellä mainituilla johtimilla yhteydessä kiinteistön maadoitukseen. Maadoituskiskosta maadoitetaan  $1,5\text{mm}^2$  KEVI-johtimella kaikki maadoitusta vaativat komponentit, kuten pistorasiat ja muuntajien rungot. Valvonta-alakeskuksen runko ja mahdollinen pohjalevy on myös maadoitettava ja nämä johdotetaan  $2,5\text{mm}^2$  KEVI-johtimilla. Johdinpinta-ala on suurempi, jotta varmistutaan PE-johtimen jatkuvuudesta ja sen mahdollisimman pienestä resistanssiarvosta.

Häiriönsuojausmaadoituskiskoja, joiden lukumäärä riippuu keskuksen koosta ja arvioidusta kenttäkaapeliin lukumäärästä riippuen, asennetaan valvonta-alakeskuksen yläosaan. Näihin maadoituskiskoihin kytketään kenttäkaapeliin häiriönsuojajohtimet, jotta vältetään ulkoisilta häiriöiltä. Häiriöitä muodostuu ulkopuoleisista laitteista, kuten taaajuusmuuttajista, sekä vahvavirtakaapeleista. Häiriönsuojamaadoituskiskot liitetään valvonta-alakeskuksen maadoituskiskoon  $2,5\text{mm}^2$  KEVI-johtimella.

## 2.6 Turvallisuus, testaus ja merkinnät

Valvonta-alakeskusten asennuspaikka kiinteistössä on lähes aina lämmönjako- tai ilmastointikonehuone. Näissä tiloissa on poikkeuksetta vesi- tai glykolikiertoisia putkistoja, joten on tärkeää, että valvonta-alakeskuksen IP-luokitus kestää onnettomuuden, kuten vesivahingon sattuessa. JIS-Automation Oy:n valmistamien valvonta-alakeskusrungot ovat luokituksestaan IP66, mutta keskusten lopullisen luokituksen IP65:ksi laskee läpivientilaippa, josta kenttäkaapelit johdotetaan keskuksen sisälle. Valvonta-alakeskusten sijoituspaikan ja käyttötarkoituksen takia on perusteltua, että keskuksien eivät ole suunnattu maallikoiden käyttöön. Maallikoiden pääsyä keskukseseen estää myös keskuksen ovelle olevat lukot, jotka aukeavat vain niihin sopivilla avaimella. Valvonta-alakeskuksissa on usein jäätymissuojankuittauspainikkeita, jotka vaativat fyysisen painikkeen painamisen. Kuittauksen suorittaa kiinteistö huoltomies tai muu vastaava henkilö, joka luokitellaan opastetuksi henkilöksi. Näin ollen valvonta-alakeskuksen kaikkien komponenttien kosketussuojaluokka on oltava vähintään IPXXB. (SFS 61439-1)

Valvonta-alakeskuksen valmistuttua, sille suoritetaan lopputarkastus, ennen kuin keskus lähetetään tilaajalle. Tarkastuksen suorittaja ei saa ikinä olla sama henkilö, joka on rakentanut keskuksen. Näin varmistutaan, että kaikki mahdolliset virheet löydetään ennen

keskusten luovuttamista. Tarkastus sisältää kaksi osaa, aistinvaraisen ja sähköisen tarkastuksen. Aistinvaraisessa tarkistuksessa varmistetaan, että keskus on tehty suunnitelmien mukaiseksi ja että kaikki komponentit ovat oikean laiset ja sijoitettu oikeisiin paikkoihin. Lisäksi varmistetaan, että kaikki merkinnät, kytkennät ja keskuksen siisteys ovat kunnossa. Tämän jälkeen keskukselle tehdään sähköinen koestus, jolloin keskuksen kytetään väliaikainen syöttöjännite ja varmennetaan kaikkien virtapiirien toimivuus mittaamalla. Lisäksi keskukselta mitataan eristysvastusmittaus, varmistetaan PE:n jatkuvuus ja testataan vikavirtasuojakytkimen toimivuus. Kaikista edellä mainituista täytetään tarkastuspöytäkirja (liite 1).

Jokainen valvonta-alakeskus varustetaan kulutusta kestäväällä arvokilvellä, joka sijoitetaan keskuksen oven oikeaan alanurkkaan. Arvokilvestä näkyy keskuksen kaikki oleelliset tiedot, kuten keskuksen tyyppimerkintä, eli käyttötarkoitus. Lisäksi kilvessä ilmoitetaan keskuksen valmistaja, sekä tunniste-, eli sarjanumero, jonka avulla on mahdollista saada keskusvalmistajalta tarpeellista tietoa kyseisestä keskuksista. Arvokilpeen merkitään myös keskuksen suunnitellun syöttökaapelin mitoitusvirta  $I_n$ , syöttöjännite  $U_n$  ja syöttöjännitteen taajuus  $f_n$ . CE-merkinnällä keskusvalmistaja vakuuttaa, että keskus on suunniteltu ja täyttää rakenteensa ja laitteittensa osalta EU-direktiivien mukaiset sähkö- ja turvallisuusmääräykset ja –vaatimukset. Tämän lisäksi JIS-Automation Oy:n valmistamiin keskuksiin merkitään, että keskus täyttää SFS EN-61439 standardin vaatimukset. Kuvassa 3 näkyy esimerkki valvonta-alakeskuksen arvokilvestä. (Jakokeskusopas)

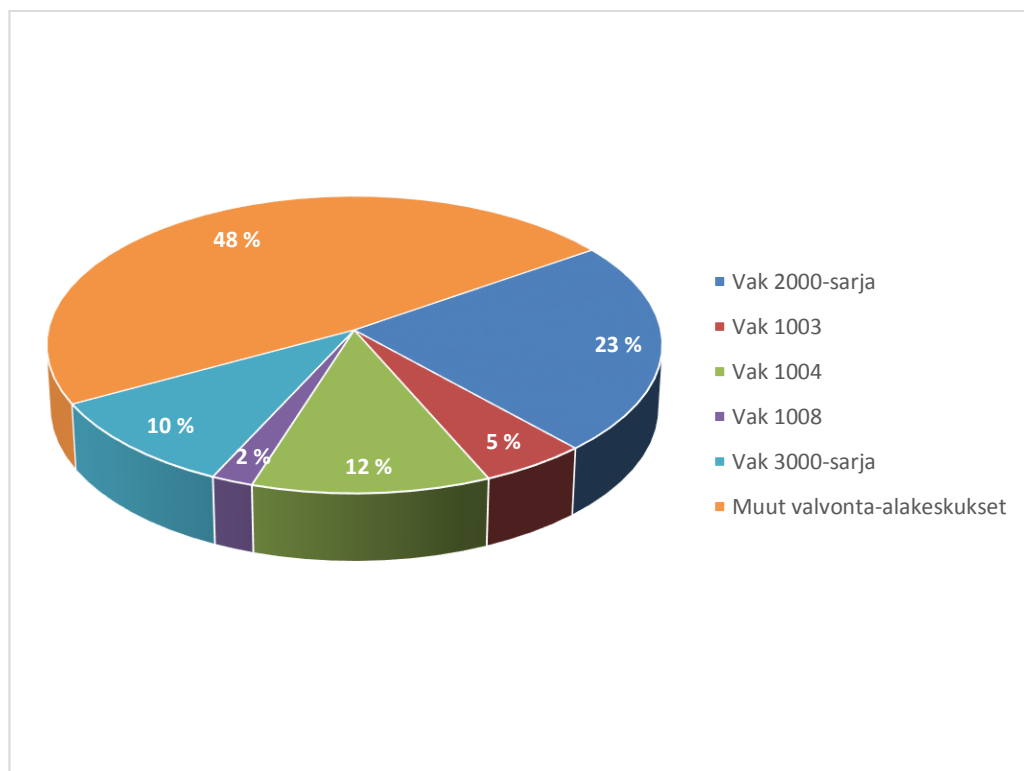


KUVA 3. Valvonta-alakeskuksen tyyppikilpi

### 3 JOHTOSARJOJEN SUUNNITTELU

JIS-Automation Oy valmistaa vuodessa yli 3000 automaatiokeskusta, joista rakennusautomaatioon tarkoitettuja valvonta-alakeskuksia on noin 1000 kappaletta. Työn ensimmäisessä vaiheessa oli tutkittava, mitkä valvonta-alakeskus mallit on mahdollista, sekä kannattavaa valmistaa johtosarjoilla. Valintaan vaikuttivat keskusmallien valmistamismäärä, sekä niiden valmistusajat ja niiden mahdollinen lyhentäminen. Näillä kriteereillä sopiviksi valvonta-alakeskusmalleiksi valikoitui kolme erityyppistä keskussarjaa. Vak 1000-sarjan kolmeen eniten valmistettuun malliin oli tarkoitus suunnitella täysin koko keskuksen kattava johtosarjat. Vak 2000- ja 3000-sarjaan suunniteltiin yleisjohtosarjat, joita voidaan käyttää sarjan kaikkiin keskusmalleihin. Kuvaajasta 1 näkyy eri valvontakeskusmallien valmistusmäärien osuus koko tuotannosta. (Laitila M. 2016)

KUVAAJA 1. Valvonta-alakeskusmallien prosenttiosuudet koko tuotannosta



Kuten kuvaajasta 1 nähdään, suunniteltavia johtosarjoja pystytään käyttämään 52 prosenttiin valmistettavista malleissa. Jos keskusten valmistaminen johtosarjoilla osoittautuu taloudellisesti kannattavaksi, on mahdollista suunnitella vielä omat johtosarjat muillekin valvonta-alakeskussarjoille.



Johtosarjat on tarkoitus tilata ulkopuoleiselta johtosarjavalmistajalta. Jotta johtosarjan valmistus olisi mahdollista, oli jokaisesta johtosarjasta piirrettävä erikseen johdinlista- ja johtosarjakaaviokuva. Suunnitelmat piirrettiin EPLAN Electric-suunnitteluohjelmalla. Johdinlistakuvan perusteella johtosarjavalmistaja tietää, mitä kyseinen johtosarja pitää sisällään. Siinä näkyy kaikki tarvittavat johtimet, niiden pituus, paksuus ja johdinvärit. Johtimet on piirretty selkeyden vuoksi suorina janaviivoina ja johtimen päätepisteisiin on merkitty johtimeen puristettava liitin, eli johdin- tai tuplajohdinholkki tai abiko-liitin. Liittintyyppin lisäksi johtimien päätepisteissä lukee selite, mihin komponentin liittimeen kyseinen johdin tai johtimet kytketään. Selitteen jälkeen hakasulkeiden sisässä on lyhenne kyseisestä kytkentäpaikasta. Lyhenne vastaa johdinmerkintää, jonka johtosarjavalmistaja merkitsee jokaiseen johtimeen. Merkintä toteutetaan lämpösiirtopainona, kuvan 4 mukaisella tavalla.



KUVA 4. Johdinmerkinnät

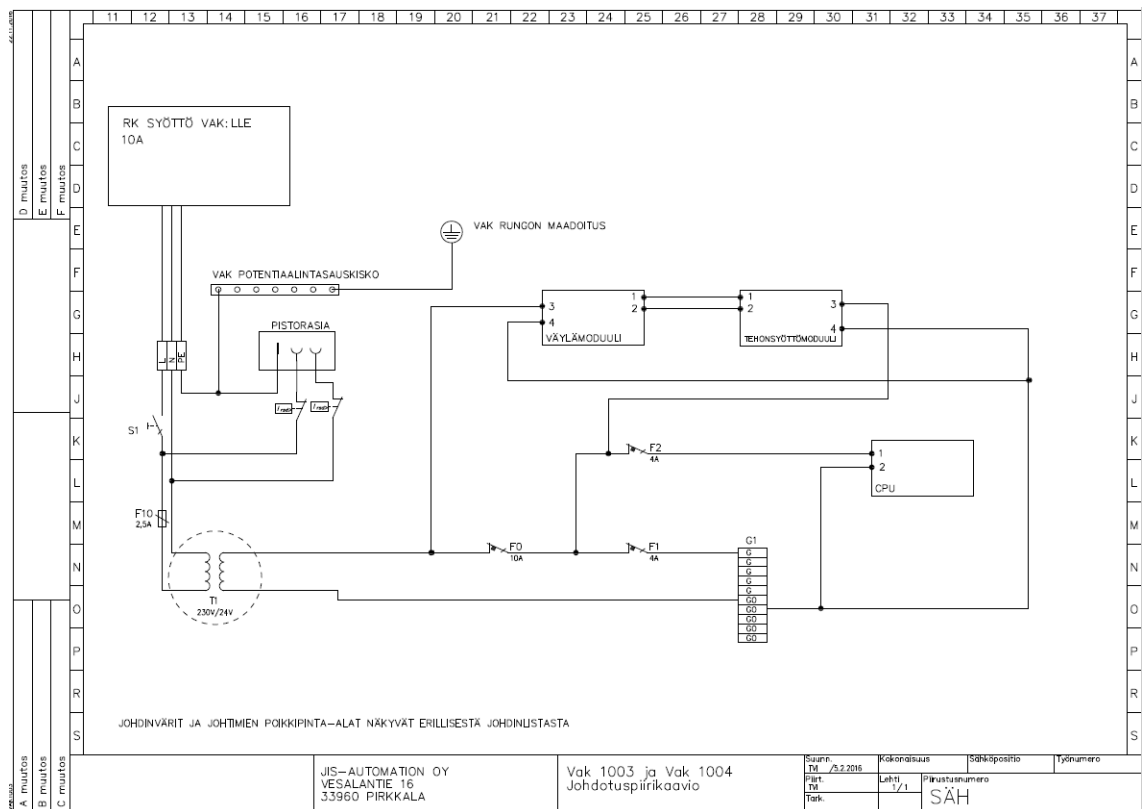
Kun johdinsarjavalmistaja on saanut johdinlistakuvan mukaiset johtimet valmistettua, on sen osattava niputtaa erilliset johtimet johdinsarjanipuksi. Siksi jokaisesta johtosarjasta on piirretty johtosarjakaaviokuva, josta näkyy johtimien päätepisteiden sijainti ja johtimien risteyskohdat ja haarojen mitat senttimetrin tarkkuudella. Risteyskohtien ja haarojen mitat ovat oltava täysin johtosarjakaavion mukaiset, jotta johtosarjan kytkeminen valvonta-alakeskukseen olisi nopeaa ja vaivatonta, sekä johtosarja saadaan kiinnitettyä keskukseen siististi, mahdollisimman huomaamattomasti. Kaaviokuvan selkeyden vuoksi kuvia ei ole piirretty mittakaavassa.

### **3.1 Vak 1000-sarja**

Vak 1000-sarjan valvonta-alakeskukset ovat DIN-kiskomallisia keskuksia, eli niissä ei ole pohjalevyä, eikä johtokouruja. DIN-kiskokeskuksen rungon pohjassa on korokekaaret joiden päälle asennetaan DIN-kiskot, joihin asennetaan kaikki tarvittavat komponentit. Sisäiset johdotukset johdotetaan korokekaarien sisäpuolelle, jolloin ne eivät jää näkyville, eivätkä ole tiellä, kun keskukseseen kytketään kenttäjohdot. Valmiisiin 1000-sarjan keskuksiin kiinnitetään kenttäjohtojen kytkennän jälkeen suojakannet, jotka peittävät johtimet, jännitteiset osat ja liittimet. Suojakansissa on kuitenkin keskellä aukot, joista tulevat läpi moduulien kannet, pistorasia, pääkytkin ja johdonsuojakatkaisijat. Näin ollen keskus voidaan tehdä jännitteettömäksi ilman kansien aukaisua.

#### **3.1.1 Vak 1003**

Vak 1003 on 1000-sarjan pienin valvonta-alakeskus, jossa on kaksi pystysuuntaista DIN-kiskoa. Vasemmanpuoleisin kisko on tarkoitettu 24V:n heikkovirta IO-pistemoduuleille, väyläyhdistimelle, potentiaalintasauskiskolle, johdonsuojakatkaisijoille, sekä kenttälaitesyöttöriviliitinpakalle G/G01. Oikeanpuoleiselle DIN-kiskolle sijoitetaan syötön rivi-liittimet, pääkytkin, pistorasia, vikavirtasuojakytkin, muuntajan etusulake ja moduulit, joihin kytketään 230V:n ohjauspisteet, sekä keskuksen CPU, tehonsyöttö- ja väyläyhdistinmoduuli.



KUVA 5. Vak 1003:n ja 1004:n johdotuspiirikaavio

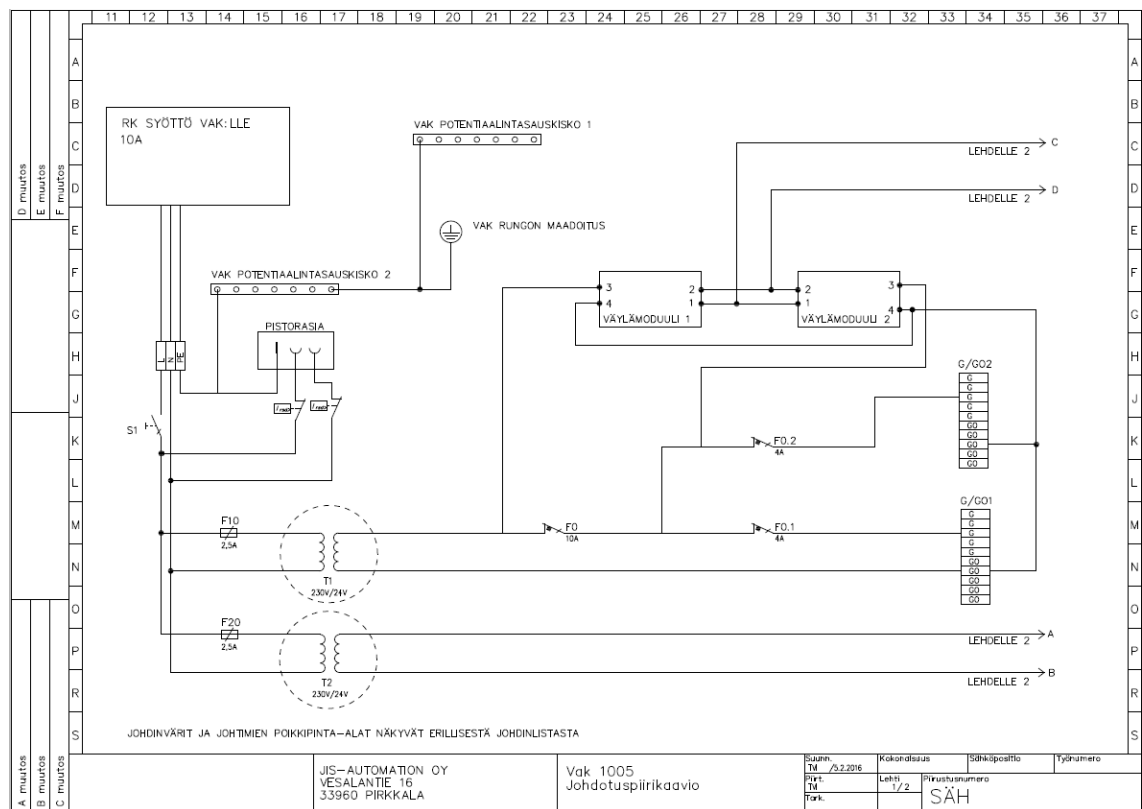
Kuvassa 5 on Vak 1003:n johdotuspiirikaavio, jonka mukaan johtosarjalle piirrettiin johdinlista (Liite 2) ja johtosarjakaaviokuva (Liite 3).

### 3.1.2 Vak 1004

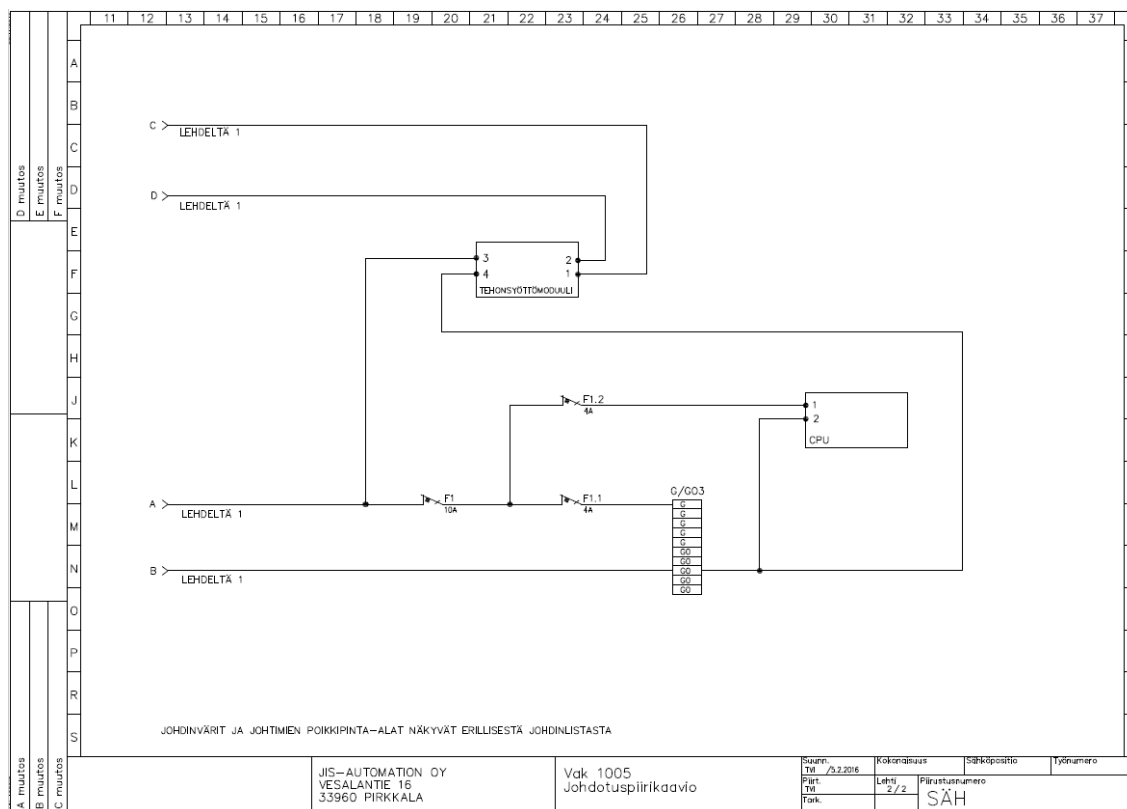
Vak 1004 on komponenteiltaan ja niiden välisiltä johdotuksiltaan identtinen Vak 1003:n kanssa. Näin ollen Vak 1004 voidaan käyttää kuvan 5 mukaista, samaa johdotuspiirikaaviota kuin Vak 1003:ssa. Vak 1004:ssa on kolme pystysuuntaista DIN-kiskoa. Oikeanpuoleiseen kiskoon asennetaan ja johdotetaan kaikki samat komponentit kuin Vak 1003:n oikeaan DIN-kiskoon. Vasempaan kiskoon tulee väyläyhdistin, maadoituskisko ja heikkovirtapisteille tarkoitetut I/O-moduulit. Keskimmäinen kisko sisältää johdonsuojakatkaisijat ja kenttälaitesyöttöriviliitinpakan G/G01. Loppu kisko jää tyhjäksi, johon tarvittaessa sijoitetaan heikkovirta I/O-moduuleja, jos vasemmanpuoleisesta kiskosta loppuu tila. Näiden tietojen perusteella, Vak 1004:n johtosarjalle piirrettiin johdinlista (Liite 4) ja johtosarjakaaviokuva (Liite 5).

### 3.1.3 Vak 1005

Vak 1005 on 1000-sarjan isoin keskus, jossa on neljä pystysuuntaista DIN-kiskoa. Vak 1005:n oikeanpuoleinen kisko on muuten identtinen muihin 1000-sarjan alakeskuksiin verrattuna, mutta siinä on kaksi rengassydänmuuntajaa. Siksi molemmat muuntajat vaativat kiskoon oman 2,5A etusulakkeen. Kaksi vasemmanpuoleisinta kiskoa ovat keskenään identtiset. Molemmissa on omat potentiaalintasauskiskot, väyläyhdistimet 1 ja 2, sekä kenttälaitesyöttöriviliitinpakat G/G01 ja G/G02. Viimeiseen, eli toiseksi oikeanpuoleiseen kiskoon tulee kaikki johdonsuojakatkaisijat ja kenttälaitesyöttöriviliitinpakat G/G03.



KUVA 5. Vak 1005:n johdotuspiirikaavio

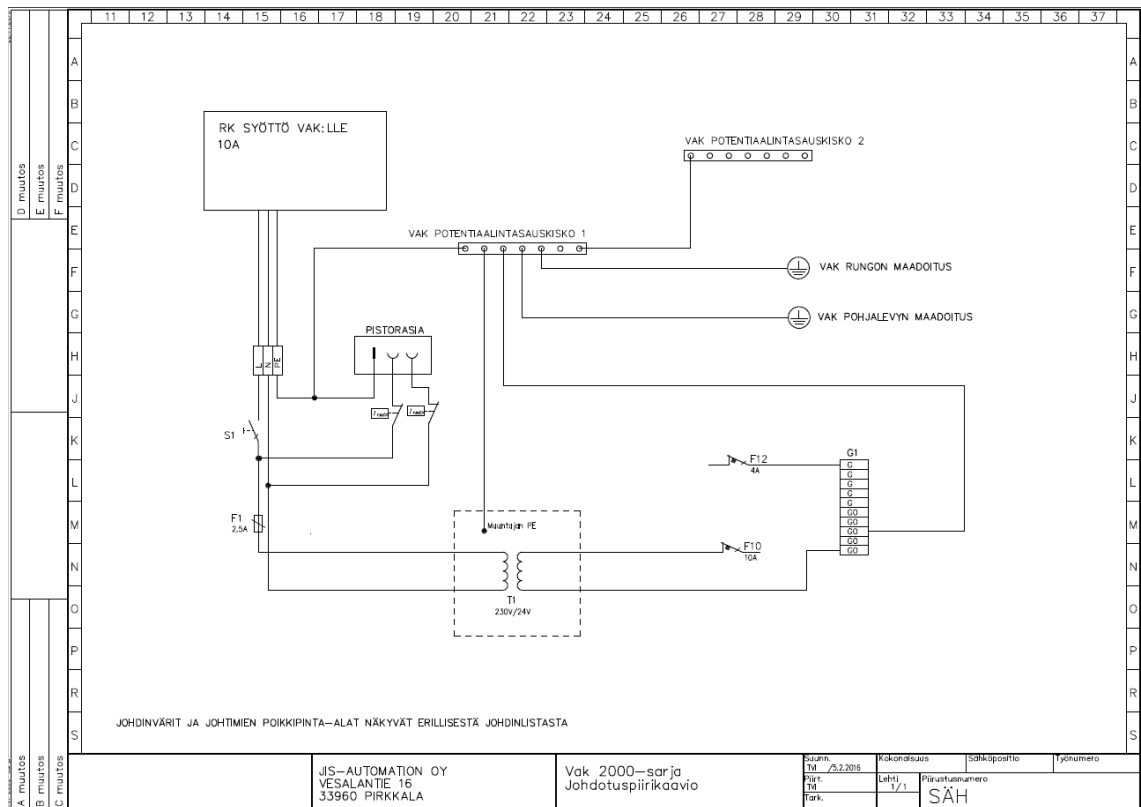


KUVA 7. Vak 1005:n johdotuspiirikaavio

Kuvassa 6 ja 7 näkyy Vak 1005 johdotuspiirikaaviot joiden mukaan piirrettiin johdinlista (Liite 6) ja johtosarjakaaviokuva (Liite 7).

### 3.2 Vak 2000-sarja

Kaikki 2000-sarjan valvonta-alakeskukset ovat pohjalevyllisiä keskuksia, joissa johtimet johdotetaan johtokouruissa ja komponentit asennetaan pohjalevyyn kiinnitettäviin DIN-kiskoihin. Pohjalevyn alaosaan asennetaan yksi vaakatasossa oleva kisko, johon asennetaan ja johdotetaan keskuksen syötön riviliittimet, vikavirtasuojakytkin, pistorasia, muuntaja, potentiaalintasauskisko, sulakkeet ja johdonsuojakatkaisijat, sekä I/O-moduulien syöttöriviliitinpakka. Vaakakiskon yläpuolelle, valvonta-alakeskuksen mallista ja koosta riippuen asennetaan pystysuuntaiset DIN-kiskot jotka ovat I/O-moduuleja varten. Kyseiset I/O-moduulit tarvitsevat syöttöjännite- ja väyläjohdotuksen, sekä DO-pisteet tarvitsevat apureleitä. Koska moduulien ja apureleiden määrä vaihtelee lähes jokaisessa eri keskuksessa, niiden johdottaminen ei onnistu valmiilla johtosarjalla. Tästä syystä Vak 2000-sarjaan tehtiin yleisjohtosarja, joka käy kolmeen eri 2000-sarjan keskukseseen.

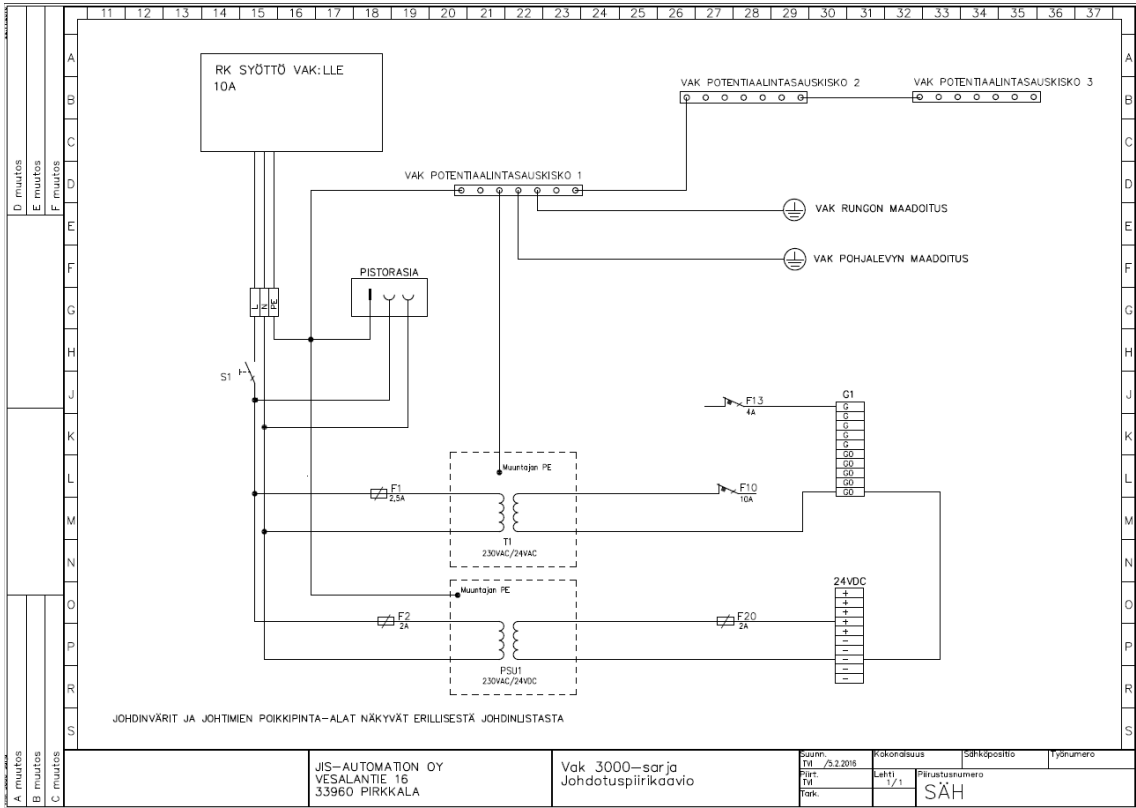


KUVA 8. Vak 2000-sarjan johdotuspiirikaavio

Yleisjohtosarjan johdotuspiirikaavio näkyy kuvasta 8 ja sen mukaan on piirretty 2000-sarjan johdinlista (Liite 8) ja johtosarjakaaviokuva (Liite 9).

### 3.3 Vak 3000-sarja

Vak 3000-sarjan keskukset ovat DIN-kiskojen, johtokourujen ja komponenttien sijoittelultaan lähes samanlaisia, kuin 2000-sarjan keskukset. 3000-sarjan CPU ja I/O-moduulit kuitenkin vaativat käyttäjännitteeseen 24V tasajännitteen, joten keskuksiin asennetaan tasajännitemuuntaja PS1, etu- ja toisiopuolen sulakkeet, sekä moduulien syöttöriviliitinpakka. Koska I/O-moduulien määrä vaihtelee ja eri tyyppisillä moduuleilla on erilainen syöttöjännitteen kytkentä, kyseisiä johdotuksia ei voi tehdä johtosarjalla. Näin ollen 3000-sarjaan tehtiin yleisjohtosarja, joka sopii kuuteen erilaiseen sarjan keskukseen.



KUVA 9. Vak 3000-sarjan johdotuspiirikaavio

Vak 3000-sarjan yleisjohtosarjan johdotuspiirikaavio näkyy kuvassa 9. Sen mukaan on piirretty johtosarjan johdinlista (Liite 10) ja johtosarjakaaviokuva (Liite 11).

## 4 TALOUDELLISUUS

Koska JIS-Automation Oy:n valmistamien valvonta-alakeskuksien myyntihinnat, sekä johtosarjavalmistajalta saadut tarjoukset ovat salaista tietoa, kaikki tämän opinnäytetyön kustannus- ja kannattavuuslaskelmat on tehty prosenttilaskennalla. Johtosarjojen kannattavuus on suhteutettu valvonta-alakeskuksen myyntihintaan, joten myyntihinta vastaa prosenttilukua 100. Koska johtosarjat tilataan ulkopuoliselta valmistajalta, niiden hankintakustannukset on huomioitava kannattavuutta heikentävänä menoina.

### 4.1 Palkkakustannuksista saatavat säästöt

Olettamuksena oli, että johtosarjoja käyttämällä valvonta-alakeskuksien valmistusajat olisivat pienempiä. Näin ollen johtosarjoista saatava hyöty näkyy pienentyneissä palkkakustannuksissa. Haastavaa laskennasta teki sen, että keskusvalmistuksen työntekijät ovat taidoiltaan eri tasoisia, joten alakeskusten valmistusajat vaihtelevat valmistajasta riippuen. JIS-Automation Oy:n tuotantopäällikkö Sonja Keskisen (Keskinen, S. 2016) avulla saatiin arvioitua jokaiselle valvonta-alakeskukselle keskimääräinen aika, jonka verran keskuksen valmistaminen lyhenee, kun käytetään valmiita johtosarjoja. Palkkakustannuksista saatavat säästöt on laskettu kaavalla:

$$\begin{aligned} & \text{Valvonta-alakeskuksen myyntihinta} + \text{johtosarjan hankintahinta} \\ & - \text{palkkakustannuksissa säästettävät kustannukset} \\ & = \text{Säästö verrattuna keskuksen alkuperäiseen myyntihintaan} \end{aligned}$$

Taulukoissa 1 - 3 näkyy jokaisen eri valvonta-alakeskuksen kannattavuuslaskuissa käytetyt arvot ja tulokset.

TAULUKKO 1. 1000-sarjan laskentatulokset

	Myyntihinta (%)	Johtosarjan hankintahinta (%)	Palkkakustannussäästö (%)	Kannattavuus (%)
Vak 1003	100	6,42	11,94	5,52
Vak 1004	100	5,98	13,48	7,50
Vak 1005	100	5,26	15,89	10,63



TAULUKKO 2. 2000-sarjan laskentatulokset

	Myyntihinta (%)	Johtosarjan hankintahinta (%)	Palkkakustannussäästö (%)	Kannattavuus (%)
Vak 2001	100	4,59	6,97	2,38
Vak 2002	100	3,63	5,52	1,88
Vak 2003	100	3,36	5,10	1,74

TAULUKKO 3. 3000-sarjan laskentatulokset

	Myyntihinta (%)	Johtosarjan hankintahinta (%)	Palkkakustannussäästö (%)	Kannattavuus (%)
Vak 3001	100	6,25	8,95	2,70
Vak 3002	100	5,87	8,41	2,54
Vak 3003	100	4,78	6,85	2,07
Vak 3004	100	3,52	5,05	1,53
Vak 3005	100	3,87	5,55	1,68
Vak 3006	100	3,25	4,66	1,41

Taulukoiden tuloksista nähdään, että jokainen valvonta-alakeskus olisi kannattavaan valmistaa johtosarjoja käyttämällä. Selvästi suurimmat säästöt saadaan 1000-sarjan alakeskuksista, joista 1005-malli yltää jopa yli 10% säästöihin. Jos oletetaan, että keskuksien menekki pysyy jatkossa samanlaisena, yhteenlaskettu säästö työtunneissa on vähintään 600 tuntia vuodessa. Tämä vastaa siis yhden työntekijän noin kolmen ja puolen kuukauden työtunteja.

#### 4.2 Materiaalikustannuksista saatavat säästöt

Koska johtosarjat tilataan ulkopuolelta valmistajalta, on myös huomioitava, että säästöjä kertyy myös materiaalikustannuksista. Jokainen johtosarja sisältää useita metrejä johtimia, joista kertyy säästöjä JIS-Automation Oy:n keskusvalmistukselle, kun johtimia ei tarvitse tilata tukkuliikkeistä. Johtosarjoja suunniteltaessa, jokainen johdin oli mitattava senttimetrin tarkkuudella, ja näin ollen on tarkasti tiedossa, paljonko mitäkin johdinta kuluu jokaiseen tiettyyn johtosarjaan. Johdinsarjat valmistetaan 1,5mm<sup>2</sup> ja 2,5mm<sup>2</sup> pinta-alan johtimista. Johdinvärit eivät vaikuta niiden ostohintaan, joten laskuissa on pystytty laskemaan kaikkien saman johdinpinta-alan omaavien johtimien menekit yhteen.

Johdinhankintakustannuksista saatavat säästöt on laskettu jokaiselle johtosarjalle, siten että prosenttiluku 100 vastaa johtosarjan hankintahintaa. Hankintahinnasta on vähennetty hinta, joka menisi johtosarjan johdinten ostoon tukkuliikkeestä. Nämä hinnat on muutettu laskuihin prosenttiluvuiksi, suhteutettuna johtosarjan hintaan. Laskuissa ei ole huomioitu

johdinten päihin puristettavia johdinholkkien ja abiko-liitinten, eikä johdinsarjan niputukseen käytettäviä nippusiteitten hintaa, koska niiden kustannukset ovat alle promillen luokaa, joten ne eivät vaikuta lopputulokseen. Tulokset näkyvät taulukossa 4.

TAULUKKO 4. Materiaalikustannuksista saatavat säästöt

	Hankintahinta (%)	1,5mm <sup>2</sup> johtimien ostohinta (%)	2,5mm <sup>2</sup> johtimien ostohinta (%)	Säästö (%)
Vak 1003	100	11,54	1,56	13,09
Vak 1004	100	8,70	0,78	9,48
Vak 1005	100	7,37	0,47	7,85
Vak 2000-sarja	100	5,50	4,36	9,87
Vak 3000-sarja	100	7,54	5,48	13,02

Tuloksista nähdään, että johtosarjojen hankintahinta pienenee keskimäärin noin 10%, kun otetaan huomioon johdinhankinnoissa säästettävät kulut.

### 4.3 Johtosarjojen käytön todellinen kannattavuus

Johtosarjojen käytön todellinen kannattavuus saadaan, kun otetaan huomioon johtosarjahankinnoista johtuvat menot, sekä palkkakustannus- ja materiaalikustannussäästöt ja verrataan niitä, alkuperäiseen myyntihintaan. Taulukkoon 5 on koottu keskuskohtaisesti, paljonko halvemmaksi, keskuksen valmistaminen tulee johtosarjoja käyttämällä.

TAULUKKO 5. Keskuksien kannattavuus

	Kannattavuus (%)
Vak 1003	6,36
Vak 1004	8,07
Vak 1005	11,04
Vak 2001	2,83
Vak 2002	2,24
Vak 2003	2,07
Vak 3001	3,52
Vak 3002	3,31
Vak 3003	2,69
Vak 3004	2,18
Vak 3005	1,83
Vak 3006	1,68

Koska laskuissa on huomioitu kaikki johtosarjoista johtuvat kustannukset, taulukon 5 tulokset vastaavat kyseisen tuotteen katteen nousua.

## 5 YHTEENVETO

Opinnäytetyötä aloittaessa, ei ollut tiedossa, onko valvonta-alakeskusten valmistaminen mahdollista, saati kannattavaa johtosarjoja käyttämällä. Pian työn aloittamisen jälkeen selvisi tietyt keskusmallit, joihin johtosarjoja olisi mahdollista alkaa suunnitella. Jokaisesta johtosarjasta tehtiin malli, jonka avulla pystyttiin mitoittamaan senttimetrin tarkkuudella jokainen johto ja niiden risteyskohdat. Näiden mallien mukaan piirrettiin johtosarjoista johdinlistat ja johtosarjakaaviokuvat. Johdinlistojen avulla johtosarjavalmistaja osaa tehdä kaikki johtosarjaan tarvittavat johtimet ja asentaa johtimien päähän oikeanlaiset liittimet. Johtosarjakaavion mukaan edellä mainitut johtimet pystytään niputtamaan juuri oikean muotoiseksi johtosarjaksi.

Työn suurimpana haasteena oli laskea, onko johtosarjojen käyttö taloudellisesti kannattavaa. Laskuissa otettiin huomioon johtosarjoista tulevat lisäkustannukset, sekä palkka- ja materiaalikuluista saatavat säästöt. Isoimmaksi haasteeksi tuli valmistusajan määrittäminen, joka säästetään, kun keskus johdotetaan valmiilla johtosarjalla. Laskuista saatujen tulosten mukaan, keskusten valmistaminen johtosarjoja käyttämällä on kannattavaa. Parhaimmillaan yhden keskuksen kate nousi yli 10%.

Tähän mennessä johtosarjavalmistajalta on tullut 10 kappaleen testierä Vak 2000-sarjan johtosarjasta. Kyseiset johtosarjat olivat hyviä, ja keskuksien valmistaminen onnistui niitä käyttämällä. Käytännön hyödyt kuitenkin pystytään vasta todistamaan, kun kaikki johtosarjat todetaan toimiviksi ja niitä käytetään koko valvonta-alakeskustuotannossa. Jos johtosarjojen käyttö osoittautuu käytännössä kannattavaksi, kannattaa suunnitelmia jatkaa myös muihinkin alakeskusmalleihin.

## LÄHTEET

JIS-Automation Oy, keskusvalmistus. 2016. Luettu 20.3.2016.

<http://www.jis-automation.fi/keskusvalmistus/>

Härkönen P., Mikkola J., Piikkilä V., Sahala A., Sahlsten T., Sandsröm B., Sirviö A., Spangar T. & Sulku J. 2012. Rakennusautomaatiojärjestelmät. ST-käsikirja 17. Espoo: Sähköinfo Oy. Luettu 4.4.2016

SFS-EN 60204-1. Standardi, 2006. Koneturvallisuus ja koneiden sähkölaitteisto, osa 1: yleiset vaatimukset. Helsinki: SFS. Luettu 20.3.2016

SFS-EN 61439-1. SFS-käsikirja 640, Sähkökeskukset. Helsinki: SFS. Luettu 4.4.2016

Rousku H., Autio I., Hieta-Wilkman S., Kytöpuu M., Nurmi T & Siivola S. 2014. Jakokeskusopas. Espoo: Sähköinfo Oy. Luettu 20.4.2016

SFS 6001. SFS-Käsikirja 600-1, Sähköasennukset, osa 1. 1. painos, syyskuu 2012. Luettu 29.4.2016

Laitila, M. Tuotantojohtaja. 2016. Haastattelu 20.1.2016 Haastattelija Virtanen, T.

Keskiken S. Tuotantopäällikkö. 2016. Haastattelu 28.2.2016 Haastattelija Virtanen, T.

## LIITTEET

### Liite 1. Tarkastuspöytäkirja



#### TARKASTUSPÖYTÄKIRJA

Päiväys \_\_\_\_\_  
Tilaaja \_\_\_\_\_  
Projekti \_\_\_\_\_  
Tuote \_\_\_\_\_  
Vak-tunnus \_\_\_\_\_  
Sarjanumero \_\_\_\_\_

#### AISTINVARAINEN TARKISTUS

Kalustus	___ Laitetyypit	___ Laitteiden virta/tehoarvot
	___ Laitteiden järjestys	___ Kojeden jännitearvot
Maadoitukset	___ Runko	___ TE-kisko
	___ Merkit	
Kytkennot	___ Johtimien poikkipinnat	___ Johdinmerkinnät
	___ Liitokset	
Merkinnät	___ Laitemarkinnät	___ Riviliitinmerkit
	___ Varoitusmerkit	___ Muut tarrat
	___ Arvokilpi	
Suojaus	___ Kosketussuojaus	___ Tiiveys
Tarvikkeet	___ Kiinnitystarvikkeet	___ Piirustustasku
	___ Avain	___ Lämpöviennit
Siisteys	___ Keskus puhdistettu	

#### SÄHKÖINEN KOESTUS

Kytkennot	___ 24 VAC virtapiirit	___ 230 VAC virtapiirit
	___ 24 VDC virtapiirit	___ 400 VAC virtapiirit
	___ Mittaritesti	___ Vikavirta koestettu

Mittaukset      \_\_\_ Eristysvastusmittaus U=500V      \_\_\_ MΩ

Piirustukset      \_\_\_ Muutokset merkitty

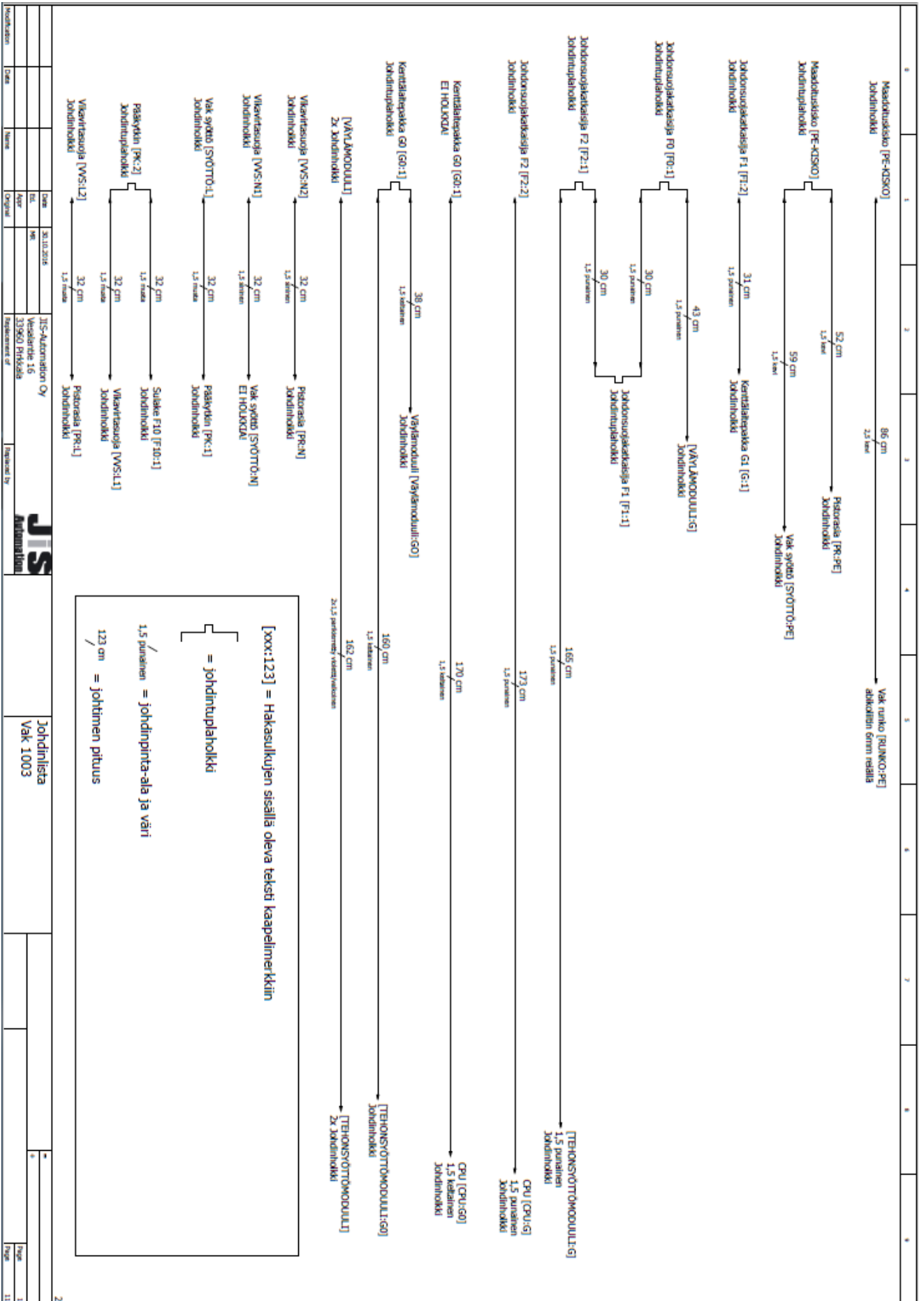
Tekijä \_\_\_\_\_

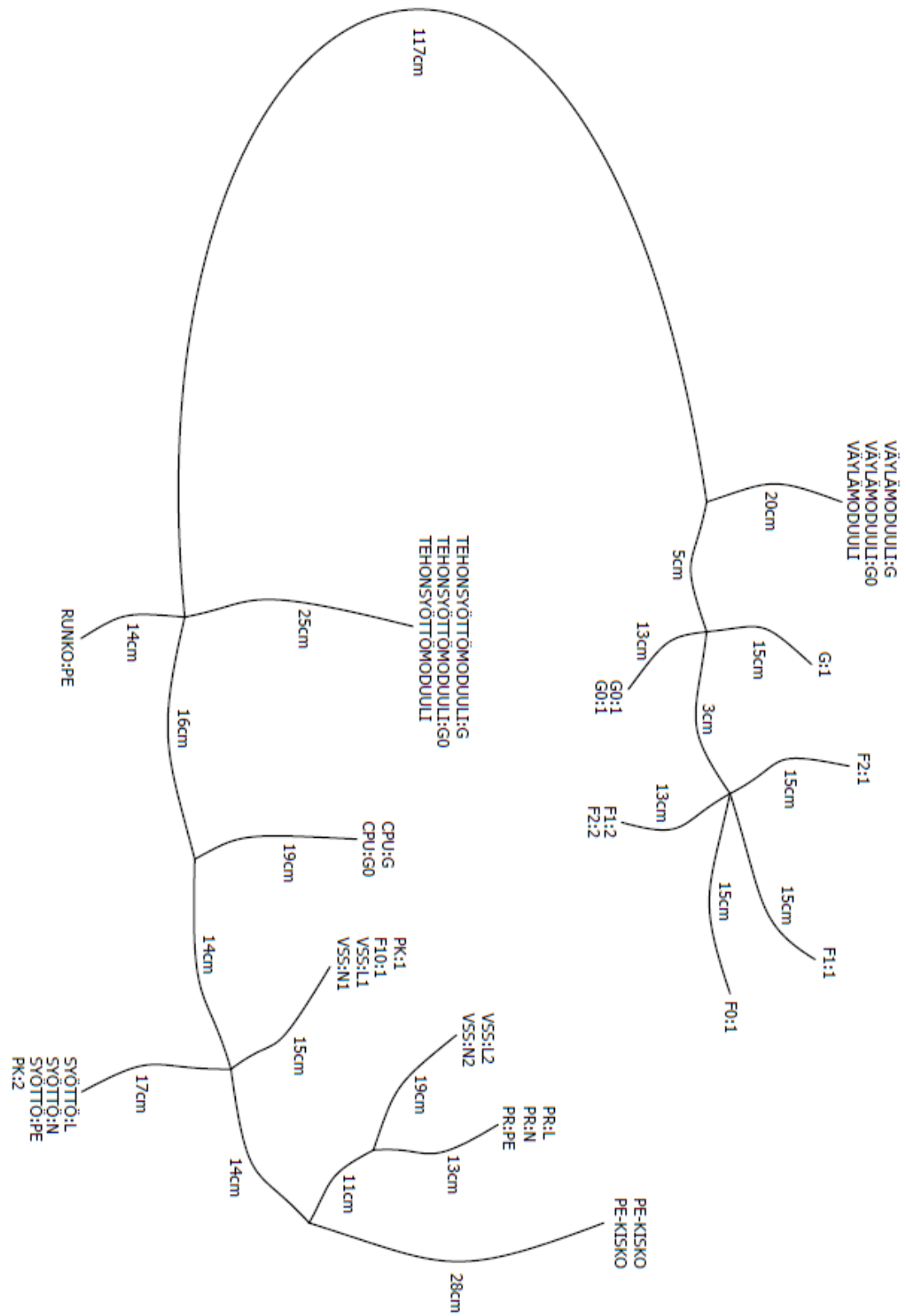
Tarkastaja \_\_\_\_\_

Huomautukset \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

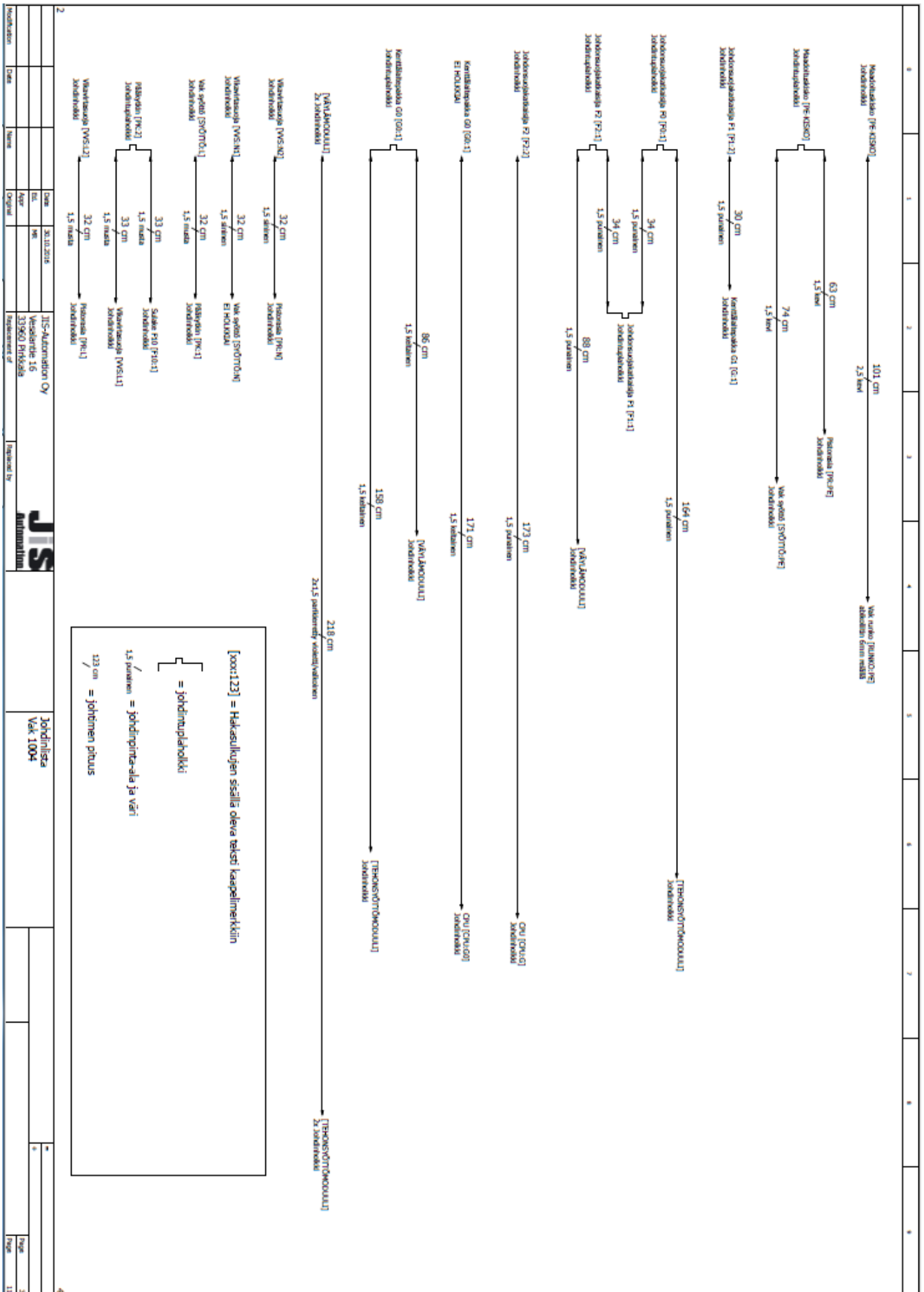
Kuittaukset \_\_\_\_\_

## Liite 2. Vak 1003:n johdinlista



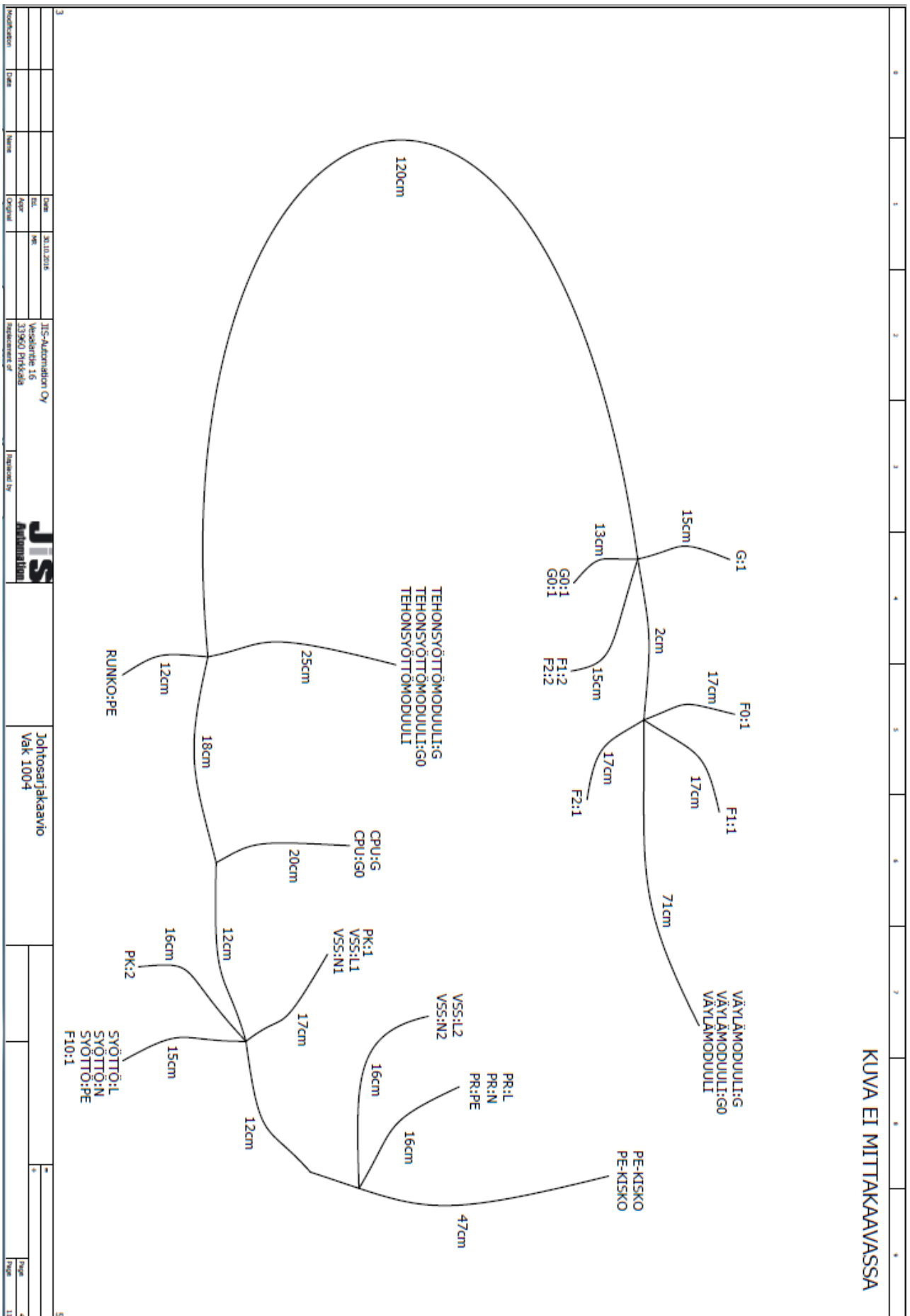
[illegible]

## Liite 4. Vak 1004:n johdinlista





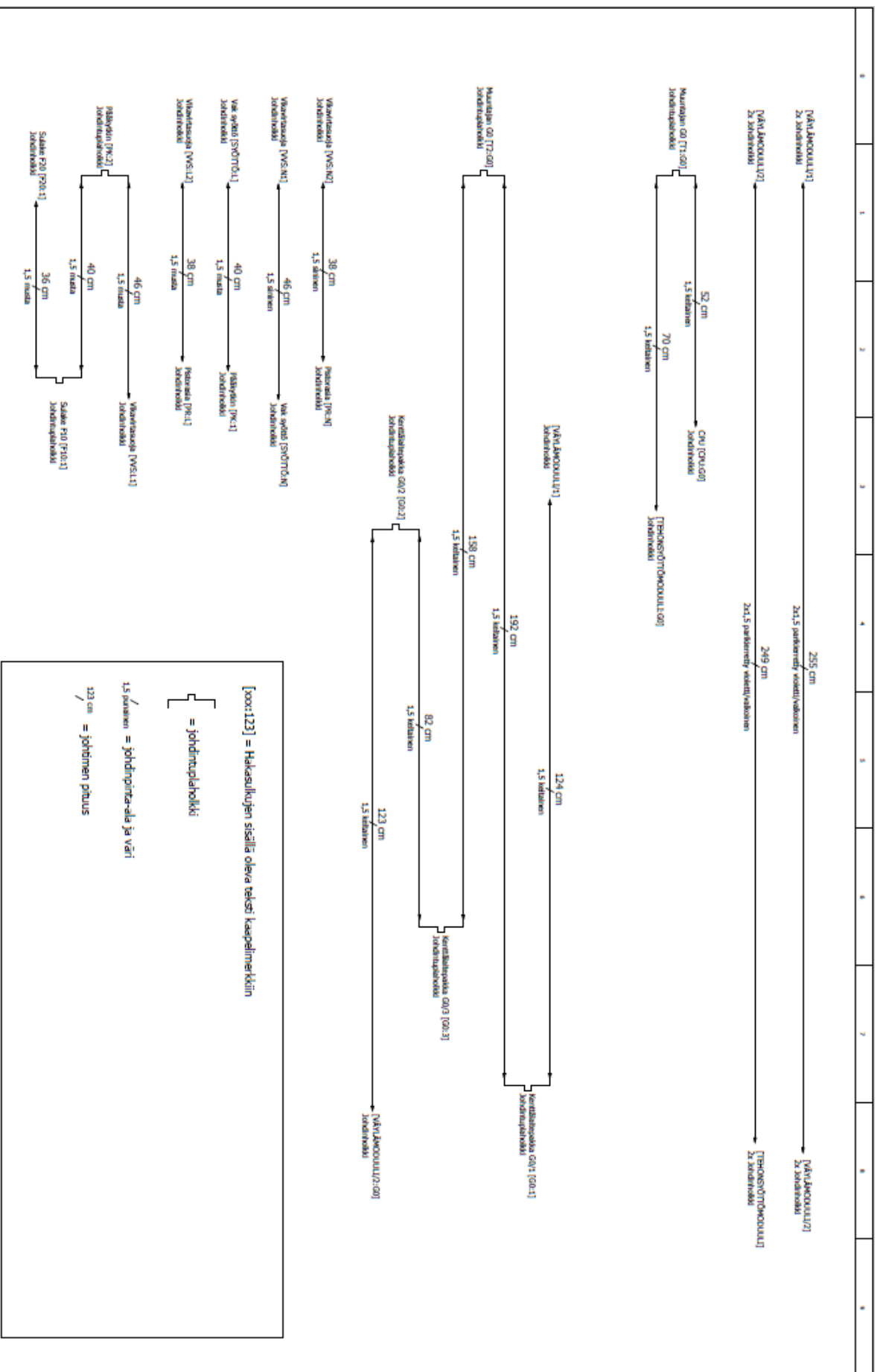
## Liite 5. Vak 1004:n johtosarjakaavio



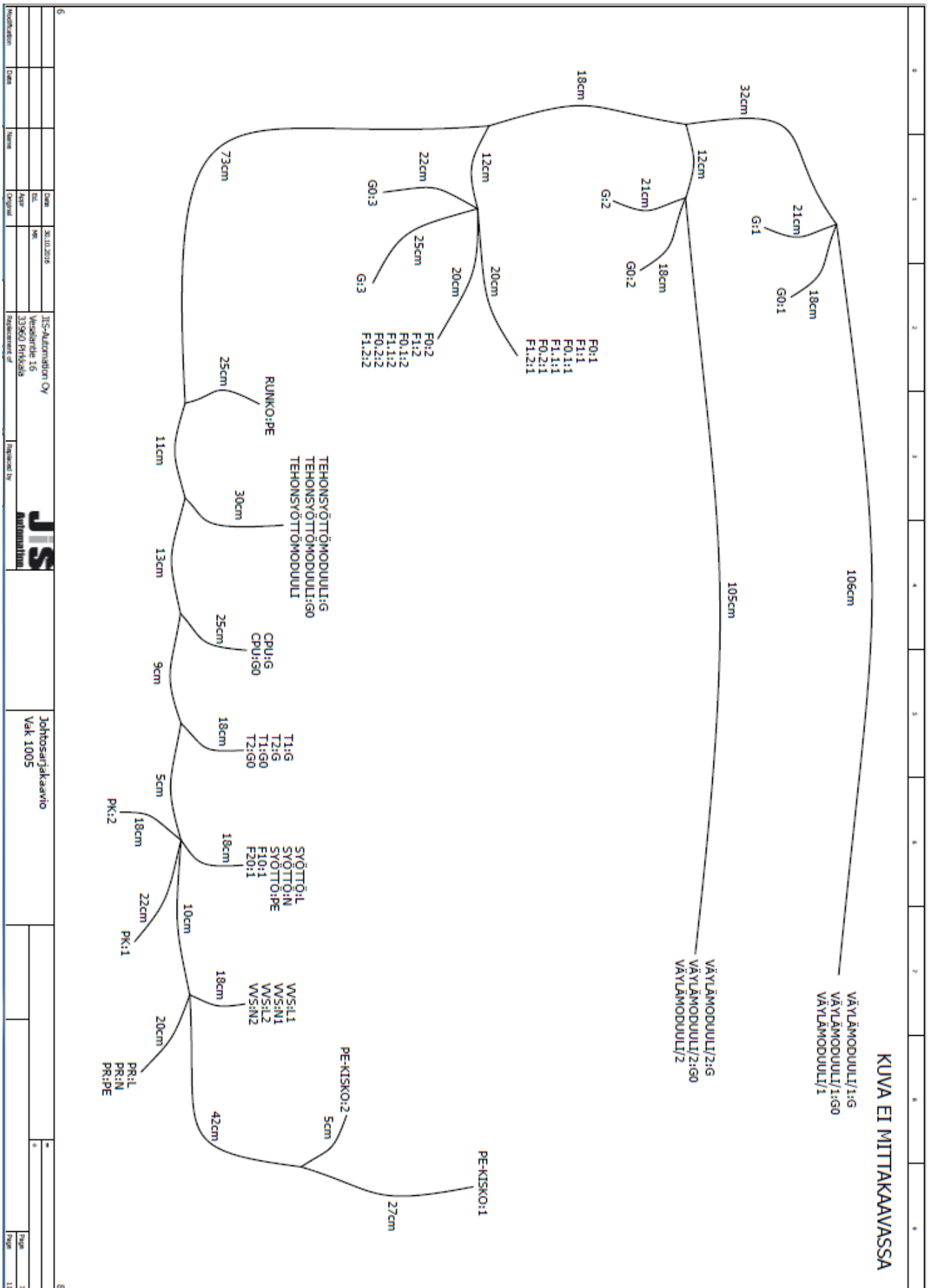
Liite 6. Vak 1005:n johdinlistat

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	<div><div><div><div><div><div>Maastorastus 20 [PE-KISKO-2] Johdinväliköki</div><div>32 cm 2,5 kivi</div><div>Maastorastus 1 [PE-KISKO-1] Johdinväliköki</div><div>120 cm 2,5 kivi</div><div>Vak-euro [TALINKO-PE] alustan formi reittiä</div></div></div><div><div><div>Maastorastus [PE-KISKO-2] Johdinväliköki</div><div>67 cm 1,5 puinen</div><div>75 cm 1,5 kivi</div><div>Pakkaus [PE-PE] Johdinväliköki</div><div>Vak-seutu [TALINKO-PE] Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Maastorastus 15 G-palkki [T1-G] Johdinväliköki</div><div>157 cm 1,5 puinen</div><div>Maastorastus 12 G-palkki [T2-G] Johdinväliköki</div><div>157 cm 1,5 puinen</div><div>188 cm 1,5 puinen</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P0 [P0-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P0.1 [P0.1-1] Johdinväliköki</div><div>167 cm 1,5 puinen</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P0.2 [P0.2-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P0.1 [P0.1-1] Johdinväliköki</div><div>103 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G1 [G-1] Johdinväliköki</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P0.2 [P0.2-2] Johdinväliköki</div><div>92 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G2 [G-2] Johdinväliköki</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1 [P1-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P1.1 [P1.1-1] Johdinväliköki</div><div>146 cm 1,5 puinen</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1.2 [P1.2-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P1.1 [P1.1-1] Johdinväliköki</div><div>103 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G1 [G-1] Johdinväliköki</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1.1 [P1.1-2] Johdinväliköki</div><div>45 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G2 [G-2] Johdinväliköki</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1.2 [P1.2-2] Johdinväliköki</div><div>154 cm 1,5 puinen</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div></div></div></div></div></div>								
6	<div><div><div><div><div>Maastorastus 20 [PE-KISKO-2] Johdinväliköki</div><div>32 cm 2,5 kivi</div><div>Maastorastus 1 [PE-KISKO-1] Johdinväliköki</div><div>120 cm 2,5 kivi</div><div>Vak-euro [TALINKO-PE] alustan formi reittiä</div></div></div><div><div><div>Maastorastus [PE-KISKO-2] Johdinväliköki</div><div>67 cm 1,5 puinen</div><div>75 cm 1,5 kivi</div><div>Pakkaus [PE-PE] Johdinväliköki</div><div>Vak-seutu [TALINKO-PE] Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Maastorastus 15 G-palkki [T1-G] Johdinväliköki</div><div>157 cm 1,5 puinen</div><div>Maastorastus 12 G-palkki [T2-G] Johdinväliköki</div><div>157 cm 1,5 puinen</div><div>188 cm 1,5 puinen</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P0 [P0-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P0.1 [P0.1-1] Johdinväliköki</div><div>167 cm 1,5 puinen</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P0.2 [P0.2-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P0.1 [P0.1-1] Johdinväliköki</div><div>103 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G1 [G-1] Johdinväliköki</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P0.2 [P0.2-2] Johdinväliköki</div><div>92 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G2 [G-2] Johdinväliköki</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1 [P1-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P1.1 [P1.1-1] Johdinväliköki</div><div>146 cm 1,5 puinen</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1.2 [P1.2-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P1.1 [P1.1-1] Johdinväliköki</div><div>103 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G1 [G-1] Johdinväliköki</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1.1 [P1.1-2] Johdinväliköki</div><div>45 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G2 [G-2] Johdinväliköki</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1.2 [P1.2-2] Johdinväliköki</div><div>154 cm 1,5 puinen</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div></div></div></div></div>								
11	<div><div><div><div><div>Maastorastus 20 [PE-KISKO-2] Johdinväliköki</div><div>32 cm 2,5 kivi</div><div>Maastorastus 1 [PE-KISKO-1] Johdinväliköki</div><div>120 cm 2,5 kivi</div><div>Vak-euro [TALINKO-PE] alustan formi reittiä</div></div></div><div><div><div>Maastorastus [PE-KISKO-2] Johdinväliköki</div><div>67 cm 1,5 puinen</div><div>75 cm 1,5 kivi</div><div>Pakkaus [PE-PE] Johdinväliköki</div><div>Vak-seutu [TALINKO-PE] Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Maastorastus 15 G-palkki [T1-G] Johdinväliköki</div><div>157 cm 1,5 puinen</div><div>Maastorastus 12 G-palkki [T2-G] Johdinväliköki</div><div>157 cm 1,5 puinen</div><div>188 cm 1,5 puinen</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P0 [P0-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P0.1 [P0.1-1] Johdinväliköki</div><div>167 cm 1,5 puinen</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P0.2 [P0.2-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P0.1 [P0.1-1] Johdinväliköki</div><div>103 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G1 [G-1] Johdinväliköki</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P0.2 [P0.2-2] Johdinväliköki</div><div>92 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G2 [G-2] Johdinväliköki</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1 [P1-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P1.1 [P1.1-1] Johdinväliköki</div><div>146 cm 1,5 puinen</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1.2 [P1.2-1] Johdinväliköki</div><div>40 cm 1,5 puinen</div><div>Johdinsuojelutankki P1.1 [P1.1-1] Johdinväliköki</div><div>103 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G1 [G-1] Johdinväliköki</div><div>Vak-JAKOULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1.1 [P1.1-2] Johdinväliköki</div><div>45 cm 1,5 puinen</div><div>Keräilyselekti G2 [G-2] Johdinväliköki</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div><div><div><div>Johdinsuojelutankki P1.2 [P1.2-2] Johdinväliköki</div><div>154 cm 1,5 puinen</div><div>THONGONTOMOUULLU-10 Johdinväliköki</div></div></div></div></div></div></div>								

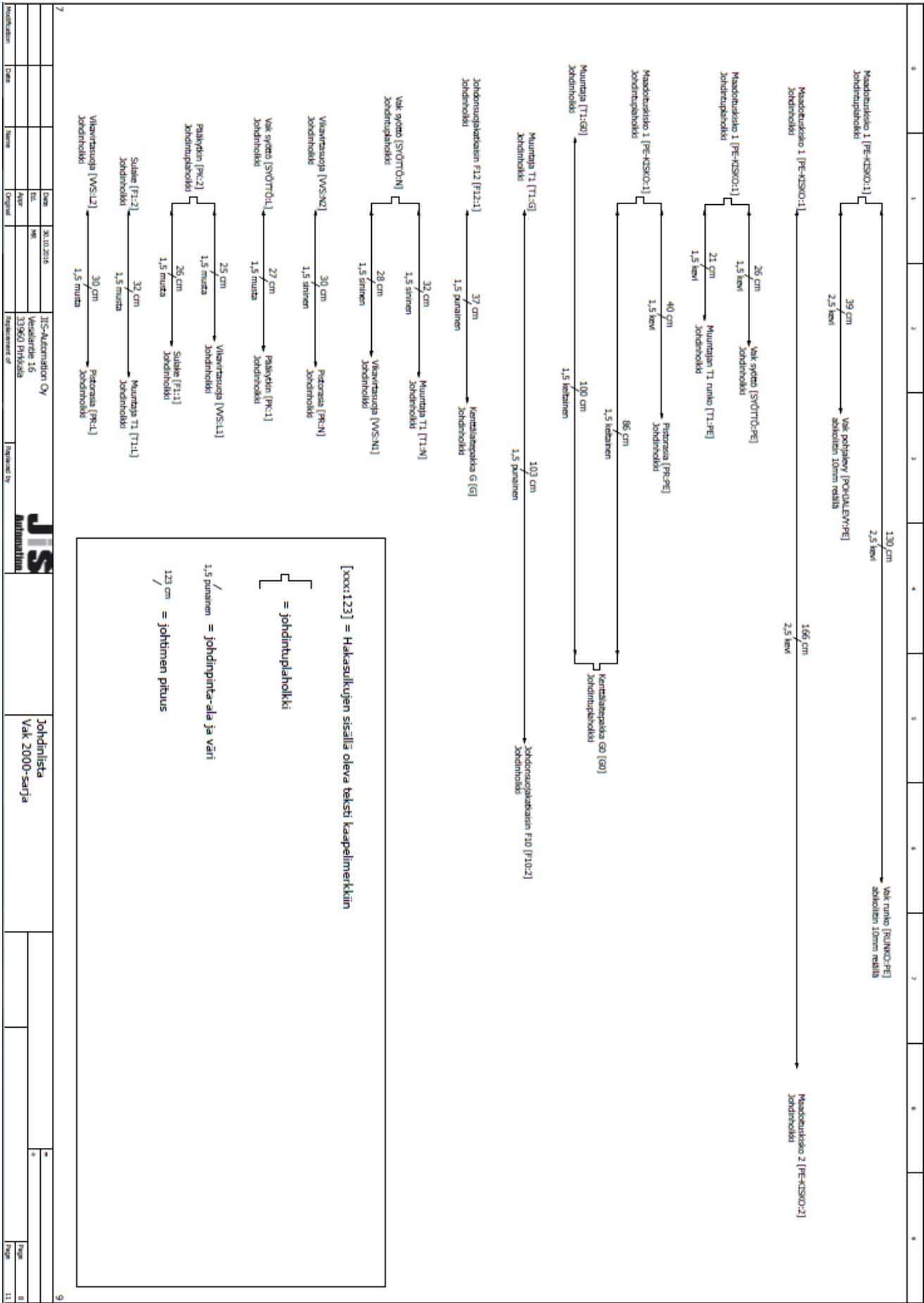
[xxx:123] = Hekasulijujen sisällä oleva teksti kaapelimerkin  
[ ] = johdinväliköki  
1,5 puinen = johdinväliköki ja väri  
223 / = johdinväliköki

[illegible]

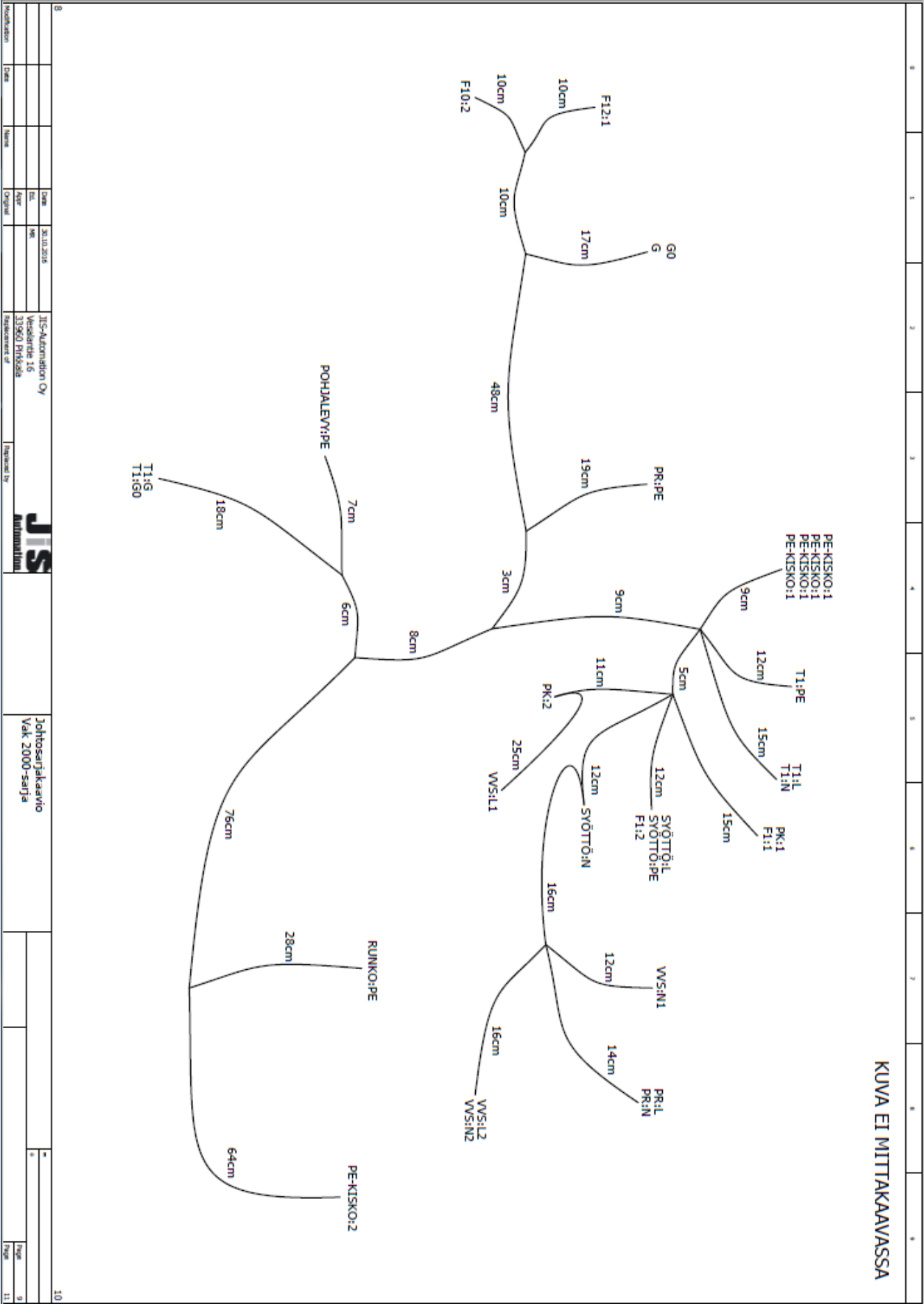
## Liite 7. Vak 1005:n johtosarjakaavio



Liite 8. Vak 2000-sarjan johdinlista



Liite 9. Vak 2000-sarjan johtosarjakaavio



## Liite 10. Vak 3000-sarjan johdinlista

